

# DESAFIOS E OPORTUNIDADES DA ENERGIA SOLAR NO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL<sup>1</sup>

## SOLAR ENERGY CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL

Léia Maria Coelho Vianna<sup>2</sup>  
Letícia de Oliveira<sup>3</sup>

### RESUMO

O aumento no uso de dispositivos que requerem eletricidade resulta em maior consumo e produção de energia. No estado do Rio Grande do Sul, a energia fóssil, utilizada na geração termelétrica, traz riscos ambientais e desvantagens econômicas em relação às fontes renováveis. Levando-se em conta o alto custo da energia elétrica e as linhas de crédito, com menos taxas, para energias limpas, há um apelo da ONU para viabilizar fontes alternativas de energias renováveis. Considerando que o acesso aos serviços energéticos é condicionante importante para o progresso econômico de uma sociedade, este estudo tem como objetivo identificar os desafios e oportunidades da energia solar no Rio Grande do Sul. Para isso, foi empregada a técnica de pesquisa exploratória descritiva, com o propósito de coletar dados e compreender as características dessa temática. A busca pela fundamentação teórica foi conduzida através das plataformas de pesquisa Google Acadêmico e Scopus, e a coleta de informações quantitativas foi embasada pelas fontes ANEEL e IBGE. Os resultados obtidos apontam para desafios e oportunidades econômicas, tributárias, ambientais e sociais para o estado e também para estratégias que impulsionam seu desenvolvimento. Nesta pesquisa, algumas contribuições científicas foram identificadas, como a constatação de que a energia solar é a fonte mais competitiva a nível econômico do mercado; a possibilidade de realizar a diversificação da matriz energética com ganhos sustentáveis no Rio Grande do Sul; e a observação de que, além dos fatores ambientais, os fatores econômicos, tecnológicos e sociais também exercem influência nos investimentos em energia solar.

**Palavras-chave:** Energia Renovável. Economia. Mercado. Desenvolvimento.

### ABSTRACT

The increase in the use of devices that require electricity results in higher consumption and production of energy. In the state of Rio Grande do Sul, fossil energy used in thermal power generation brings environmental risks and economic disadvantages compared to renewable sources. Considering the high cost of electricity and credit lines, with less taxes, for clean energies, the United Nations promote alternative sources of renewable energy. Recognizing that access to energy services is a significant factor for the economic progress of a society, the objective of this study is to identify solar energy challenges and opportunities in Rio Grande do

---

<sup>1</sup> Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no primeiro semestre de 2023 ao Departamento de Economia e Relações Internacionais da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

<sup>2</sup> Graduada em Ciências Econômicas pela UFRGS, eletrotécnica pela Fundação Liberato com experiência em iniciação científica no agronegócio. (leiamaria99@gmail.com).

<sup>3</sup> Professora Orientadora Doutora em Agronegócios pela UFRGS em 2009. Mestra em Administração pela UFLA. Professora do Departamento de Economia e Relações Internacionais da UFRGS. (leticiaoliveira@ufrgs.br).

Sul. For this purpose, a descriptive exploratory research technique was employed to collect data and understand the characteristics of this subject. The search for theoretical foundation was conducted through the research platforms Google Scholar and Scopus, and the collection of quantitative information was based on sources from ANEEL and IBGE. The results highlight economic, tax-related, environmental, and social challenges and opportunities for the state, along with strategies that drive its development. In this research, several scientific contributions were identified, such as the confirmation that solar energy is the most economically competitive source in the market; the potential to diversify the energy matrix with sustainable gains in Rio Grande do Sul; and the observation that, in addition to environmental factors, economic, technological, and social factors also influence investments in solar energy.

**Keywords:** Renewable Energy. Economy. Market. Development.

## 1 INTRODUÇÃO

A energia desempenha um papel fundamental na sociedade e o crescente uso de equipamentos que necessitam de eletricidade provoca aumento no consumo e na produção energética que, quando associada a tipos não renováveis, contribui para o esgotamento de recursos naturais e para a emissão de gases do efeito estufa (GARLET *et al.*, 2019). O aumento do PIB, o crescimento populacional e o envelhecimento da população também são fatores que contribuem para uma maior demanda por energia. Portanto, para atender esse crescente consumo, é relevante analisar fontes de energia renovável, já que o alcance de mecanismos que as viabilizem proporciona menos impactos ambientais e promove o progresso econômico da sociedade (CARSTENS; CUNHA, 2019).

Devido à necessidade constante de energia, a demanda por eletricidade geralmente não é sensível a variações de preço, tornando-a inelástica. No Brasil, esse fator faz com que as taxas tributárias no setor energético seja um dos mais caros no mundo (CARSTENS; CUNHA, 2019). Considerando o alto preço da energia elétrica e as novas linhas de crédito para energias limpas, a possibilidade de diversificação energética no Brasil aumenta. Além disso, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, implantado pela ANEEL, tornou a energia solar um mercado mais atrativo para diversos setores econômicos e a ONU, por meio do sétimo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável, busca garantir acesso universal a fontes de energia confiáveis e sustentáveis (PALERMO, 2019).

Os aspectos tecnológicos da energia solar são necessários para aumentar sua eficiência energética, o que influencia diretamente a relação custo-benefício desses sistemas. Neste sentido, células fotovoltaicas mais eficazes e sistemas de armazenamento de energia têm contribuído para um aumento significativo na conversão de luz solar em eletricidade (PERAZA; GASPARIN; KRENZINGER, 2016). No Sul do Brasil, mesmo diante das condições propícias para a implementação da energia solar, a capacidade instalada permanece aquém do seu potencial de geração, revelando a influência de obstáculos que impedem sua expansão e adoção mais abrangente (GARLET *et al.*, 2019).

No estado do Rio Grande do Sul, visto que a energia fóssil representa 82% da energia termelétrica produzida e traz consigo riscos ambientais e desvantagens econômicas, a energia solar representa uma fonte renovável, que garante produtividade média superior às registradas em países desenvolvidos (KAKUTA; SILVEIRA, 2018). Ademais, traçar o perfil do mercado da energia solar neste estado possibilita a introdução de oportunidades sustentáveis, a diversificação energética e estruturação de estratégias específicas que beneficiam os habitantes e o meio ambiente (PETTER; RODRIGUES, 2018).

A questão que orienta esta pesquisa é: quais os desafios e as oportunidades para a energia solar no Rio Grande do Sul? A partir de uma pesquisa exploratória descritiva, objetiva-

se identificar os desafios e as oportunidades para a energia solar no Rio Grande do Sul, fornecendo estratégias capazes de impulsionar o desenvolvimento sustentável no estado. Especificamente, objetiva-se apresentar indicadores mercadológicos capazes de demonstrar benefícios e reveses da energia solar no Rio Grande do Sul, facilitando sua exposição a partir deste trabalho.

Este estudo justifica-se pela necessidade de contextualizar a atual situação da energia solar no Rio Grande do Sul, visto que essa é uma alternativa sustentável em relação às outras fontes de energia, e, quando incentivada, garante competitividade em parâmetros de produção. Com o desenvolvimento de uma fundamentação teórica e familiarização com dados científicos, a contribuição deste trabalho foi gerar conhecimento sobre essa energia renovável e seus diferenciais para garantir o bem-estar social, desenvolvimento regional e proteção do planeta.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção apresentará o embasamento teórico do trabalho a partir de uma revisão de literatura.

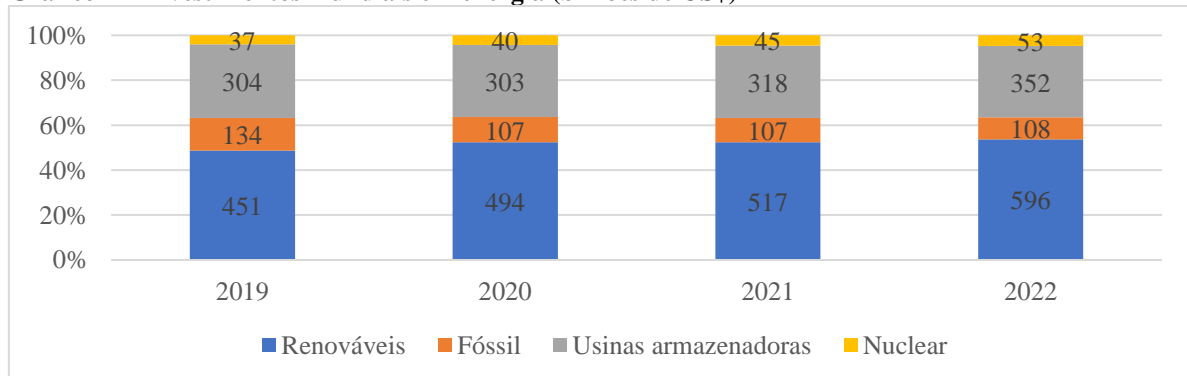
### 2.1. DESENVOLVIMENTO E ENERGIA RENOVÁVEL

Para Carstens e Cunha (2019), a energia é fundamental para o desenvolvimento econômico, e há uma correlação entre o seu consumo e os padrões de vida. Eles afirmam que a energia renovável pode ser particularmente apropriada para países em desenvolvimento, pois o acesso a esses serviços é essencial para a redução da pobreza, visto que em diversas partes do mundo, muitas pessoas ainda não têm acesso às fontes de energia limpa e moderna

Entre as tecnologias de geração de energia, são classificadas como fontes renováveis aquelas que fazem uso de recursos naturais provenientes de fontes inesgotáveis, capazes de se regenerar ao longo do tempo. Alguns exemplos incluem energia solar, energia hidrelétrica, de biomassa e eólica (FERREIRA *et al.*, 2018).

As energias renováveis, que no Gráfico 1 incluem energia solar e eólica, atraem um notável investimento no mundo, totalizando US\$ 596 bilhões em 2022. Esse valor reflete a crescente confiança dos investidores nesse tipo de fonte, impulsiona avanços significativos no desenvolvimento e na implementação dessas tecnologias (BLOOMBERG, 2023). O Gráfico 1 apresenta os valores em bilhões de dólares e as porcentagens referentes ao investimento mundial em diferentes fontes de energia.

**Gráfico 1 – Investimentos mundiais em energia (bilhões de US\$)**



Fonte: elaborado pela autora com base IEA (2023)

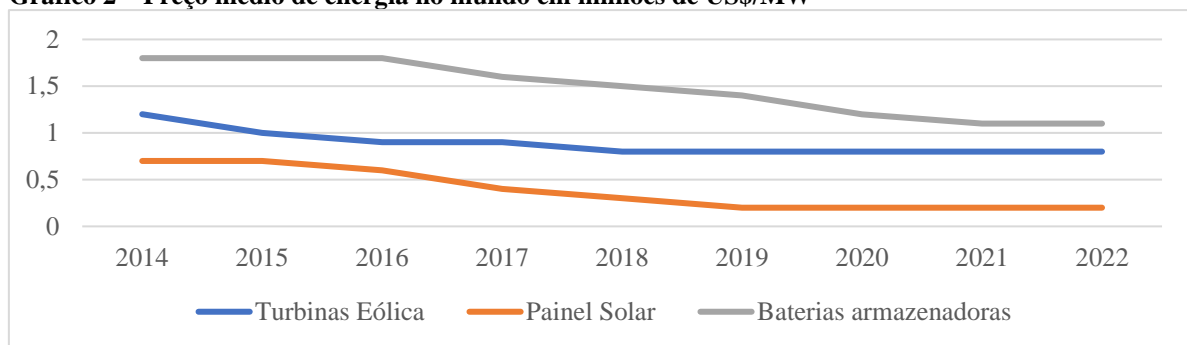
Em relação a 2019, o investimento em energia fóssil mundial para 2022 reduziu aproximadamente 20%, enquanto aumentou cerca de 35% em energias renováveis. Tal aspecto

demonstra que o mundo ainda possui certa sustentação em fontes não renováveis de energia, como petróleo, carvão e gás natural. No entanto, o aumento do aquecimento global causado pela queima desses combustíveis fósseis tem incentivado a busca por alternativas mais sustentáveis (FIALHO; CAMPOS; SIQUEIRA, 2013).

Considerando ainda o Gráfico 1, é possível observar também crescimento no investimento em usinas armazenadoras, pelo uso de baterias que incluem hidrelétricas e termelétricas de biomassa, e de energia Nuclear, representando aumentos respectivos de 15% e 45% em 2022, quando comparados a 2018.

Visto que o avanço econômico de uma sociedade tem relação com o seu consumo energético, comparar o preço de diferentes fontes de energia é um mecanismo que proporciona o progresso social (CARSTENS; CUNHA, 2019). No gráfico 2 é possível analisar o preço médio das fontes de energia em milhões de dólares entre os anos de 2014 e 2022.

**Gráfico 2 – Preço médio de energia no mundo em milhões de US\$/MW**



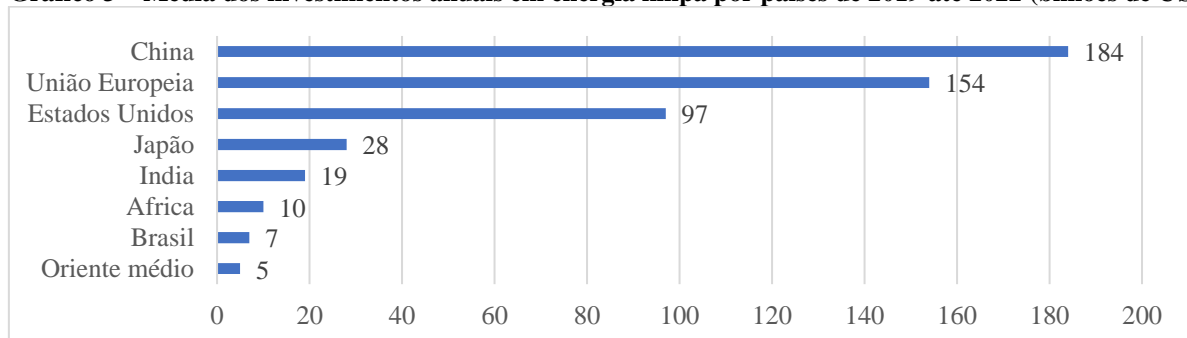
Fonte: elaborado pela autora com base IEA (2023)

Em relação ao Gráfico 2, vale ressaltar que as baterias armazenadoras são comumente utilizadas para armazenar energias provenientes de fontes hidrelétricas, nucleares e termelétricas. Já as turbinas eólicas usam a energia capturada do vento e o painel solar, que possui historicamente preço médio inferior às baterias e às turbinas, é utilizado na coleta de energia proveniente do sol (IEA, 2023).

De 2014 até 2022 houve expressiva queda no preço médio de todas as energias. Isso pode ser explicado devido à popularização desses produtos, ao aumento da demanda energética e ao aumento de fornecedores, causando a diminuição do preço à medida que a oferta disponível aumentou (BLOOMBERG, 2023).

É importante ressaltar que o crescimento nos investimentos em tecnologia limpa, que nesse caso inclui solar e eólica, se deu em especial nos países desenvolvidos. Conforme mostrado no Gráfico 3, somente na China, entre 2019 e 2022, foi alcançado uma média de investimentos anuais de US\$ 184 bilhões de dólares.

**Gráfico 3 – Média dos investimentos anuais em energia limpa por países de 2019 até 2022 (bilhões de US\$)**



Fonte: elaborado pela autora com base IEA (2023)

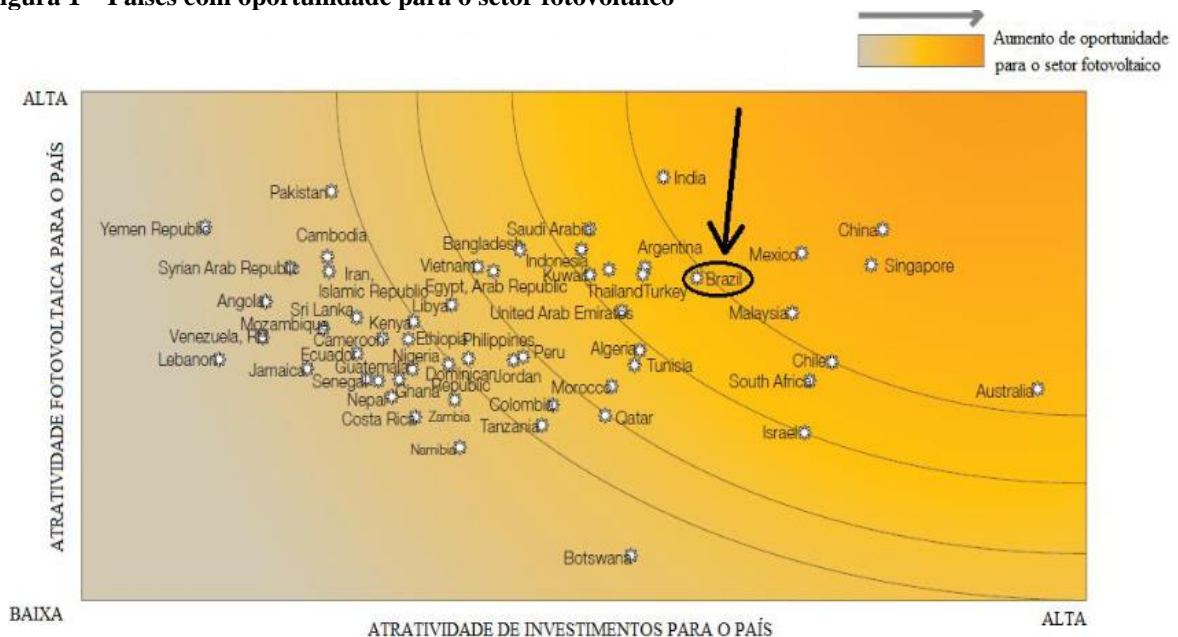
Em 2022, a China se destacou respondendo por 90% dos investimentos na área renovável, evidenciando a necessidade de esforços contínuos para promover mais equilíbrio na distribuição local dos recursos relacionados à energia (BLOOMBERG, 2023). Apesar da dimensão tecnológica da energia solar no Brasil apresentar constante evolução e da eficiência energética das placas solares produzidas no país mostrarem melhorias significativas nos últimos anos, o relatório da Agência Internacional de Energia (IEA) em 2023 apresentou que a China sozinha respondia por 80% da indústria produtiva de módulos solares, seguida por Vietnã e Índia, respondendo por 5% e 3% do total global, respectivamente (CASARIN, 2023).

A média de investimentos em energia limpa no Brasil entre 2019 e 2022 foi de aproximadamente 4% do valor médio da China. Isso reflete a desigualdade de investimentos associada aos países. Porém, variáveis que devem ser consideradas envolvem a China ser o país que mais consome energia no mundo, enquanto o Brasil se encontra na 7ª posição. Além disso, a China possui 1,4 bilhões de habitantes e distribui energia para 99% de sua população, enquanto o Brasil possui 214,3 milhões de habitantes e mantém, desde 2019, quase 1 milhão de habitantes sem acesso a serviços de energia (IEA, 2023).

Os desequilíbrios econômicos fazem com que os investimentos em energia limpa em muitas economias emergentes cresçam lentamente. Essa relação foi observada nas porcentagens de investimentos que países desenvolvidos (52%), países em desenvolvimento (16%) e China (32%) fizeram em 2022. Os países desenvolvidos considerados foram: Austrália, Bélgica, França, Irlanda, Japão, Noruega, Espanha, Portugal, Suíça, Estados Unidos, Áustria, Canadá, Dinamarca, Itália, Coreia do Sul, Polônia, Suécia, Inglaterra, Nova Zelândia, Israel, Luxemburgo e Alemanha; e países em desenvolvimento: México, Índia, Chile, Turquia, Colômbia, Argentina, Senegal, Kenya e Brasil, segundo o relatório da IEA (2023).

Em adição a proporção de investimentos, é válido observar, conforme Figura 1, que a China possui uma maior disponibilidade de incidência solar que o Brasil, porém, os fatores geográficos do Brasil desfrutam de uma incidência de radiação solar superior à observada em países desenvolvidos, que têm feito maiores investimentos em energia solar. Tal vantagem brasileira é decorrente da localização situada em uma faixa de latitude com condições altamente favoráveis para a incidência de radiação solar (PERAZA; GASPARI; KRENZINGER, 2016).

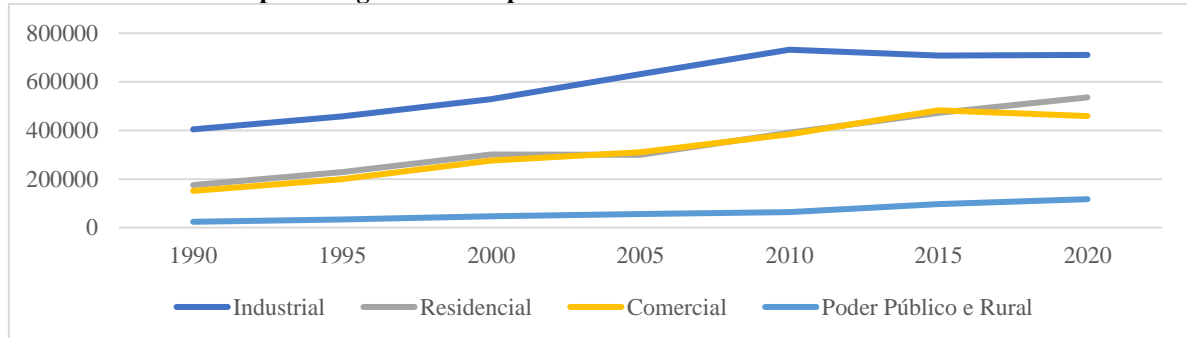
**Figura 1 – Países com oportunidade para o setor fotovoltaico**



Fonte: Fialho, Campos e Siqueira (2013)

A compreensão do potencial solar incidente na superfície local é fundamental, porém, não é o único elemento necessário para impulsionar o uso dessa fonte de energia para economias em desenvolvimento (TOMASZEWSKI; SOARES; HAAG, 2018). Ren e Dong (2018) apresentam que o fornecimento de eletricidade desempenha um papel significativo na economia nacional para o desenvolvimento da sociedade. Portanto, avaliar o abastecimento de eletricidade proporciona planejamento energético e políticas públicas corretamente alinhadas para os diferentes setores consumidores. A demanda por energia em diferentes classes consumidoras do Brasil pode ser observada no Gráfico 4.

**Gráfico 4 – Demanda por energia no Brasil por classes de consumo de 1990 até 2020 em TJ**



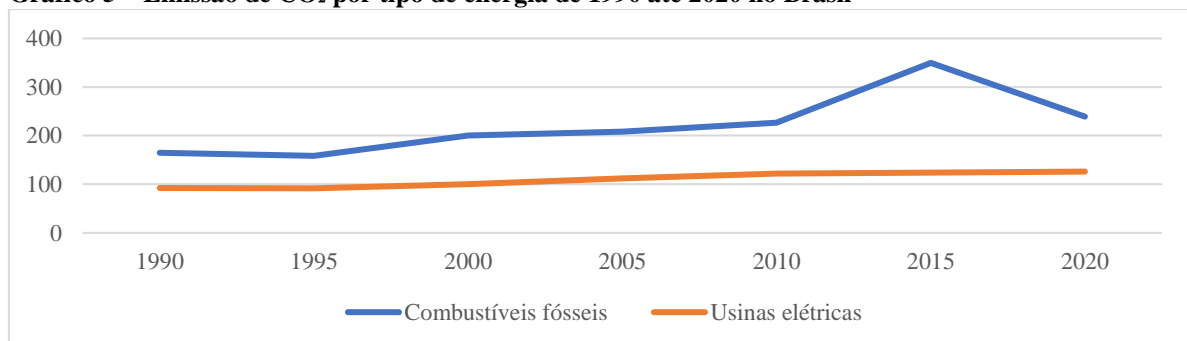
Fonte: elaborado pela autora com base IEA (2023)

O Gráfico 4 traz que, em 2020, a demanda residencial por eletricidade ultrapassou a demanda comercial no Brasil. Tal evolução está relacionada com a necessidade de trabalhos remotos que transferiram para residências as demandas do comércio, devido à situação pandêmica da COVID-19 (MACHADO, 2020). Além disso, é possível observar que a demanda industrial e a do setor público e rural são, respectivamente, a maior e a menor ao longo dos anos e que, nos últimos 5 anos, o crescimento de demanda se concentrou nos consumidores residenciais, de poder público e rurais.

A partir do Gráfico 4, também é possível observar a estagnação da indústria no Brasil desde 2010, devido à estabilidade mantida na demanda por energia neste setor, o que indica implicações na atividade industrial. Além disso, o gráfico também evidencia uma barreira institucional significativa, que se manifesta através do poder público representar o menor investimento ao longo do período analisado.

Outro aspecto observado para avaliar o impacto da eletricidade na economia nacional foi relacionar a emissão de CO<sub>2</sub> por tipo de energia produzida no Brasil entre 1990 e 2020, conforme Gráfico 5. Tal informação torna-se útil para a adequação às iniciativas de redução de emissões, bem como para a realização da transição para fontes de energia limpa (ONU, 2023).

**Gráfico 5 – Emissão de CO<sub>2</sub> por tipo de energia de 1990 até 2020 no Brasil**



Fonte: elaborado pela autora com base IEA (2023)

No Gráfico 5 observa-se que as energias geradas por combustíveis fósseis e usinas elétricas de baterias armazenadoras, são as únicas que apresentam geração de CO<sub>2</sub>, acumulando juntas uma média de 165 partes por milhão ao ano no Brasil, enquanto a energia solar gera zero. Portanto, avaliar o mercado da energia solar contribui também para a mitigação de impactos ambientais (PETTER; RODRIGUES, 2018).

## 2.2. ENERGIA SOLAR

A energia emitida pelo Sol é conhecida como radiação solar. Ela fornece luz e calor para a Terra, sendo a principal responsável pelas características climáticas do planeta e pela dinâmica atmosférica. A quantidade de energia solar incidente sobre a superfície terrestre varia de acordo com a latitude local, o dia do ano e a hora do dia. Essas variações são influenciadas pela inclinação do eixo da Terra, por condições meteorológicas locais e por movimentos de rotação e translação, que atingem diferentes regiões do globo em momentos distintos (PERAZA; GASPARIN; KRENZINGER, 2016).

Para capturar essa radiação, os condutores de silício se destacam, pois convertem a luz solar diretamente em eletricidade por meio do fenômeno conhecido como efeito fotovoltaico. As células são agrupadas em módulos para ajustar o nível de tensão e corrente conforme a demanda desejada, constituindo a parte geradora de energia solar, que é capaz de produzir corrente contínua em baixa tensão quando expostas à radiação solar. (PERAZA; GASPARIN; KRENZINGER, 2016).

Alguns exemplos de placas solares estão ilustrados na Figura 2, conforme Peraza, Gasparin e Krenzinger (2016), são eles: os módulos fotovoltaicos de (a) silício policristalino, (b) silício monocristalino, (c) silício amorfo, (d) filme fino com encapsulamento flexível, (e) CIS e (f) silício monocristalino com encapsulamento de vidro.

**Figura 2 – Modelos de módulos fotovoltaicos**



Fonte: Peraza, Gasparin e Krenzinger (2016)

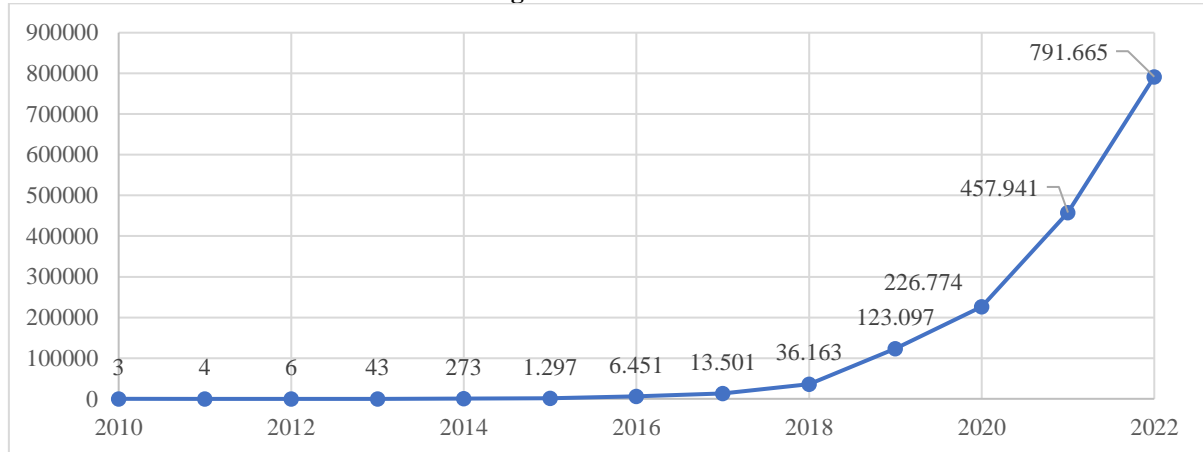
Nos terminais dos painéis são conectados os cabos que interligam os módulos fotovoltaicos. Eles têm uma vida útil de aproximadamente 30 anos, graças à sua resistência em condições adversas sob a influência de agentes climáticos, impostos pelo ambiente externo ao longo do tempo (PERAZA; GASPARIN; KRENZINGER, 2016).

As instalações solares fotovoltaicas conectadas à rede elétrica incluem componentes como painéis solares, um sistema de montagem na edificação, um inversor para converter a corrente contínua em corrente alternada, um banco de baterias, diodos de bypass e de bloqueio, fusíveis, disjuntores, cabos elétricos, terminais, dispositivos de proteção contra sobretensões e surtos elétricos, bem como caixas de conexão (PERAZA; GASPARIN; KRENZINGER, 2016).

Os sistemas solares fotovoltaicos podem assumir três formas: isolada, distribuída ou centralizada. No Brasil, a geração distribuída, que possui conexão com a rede elétrica de distribuição, atende demandas locais de pequeno porte e geralmente é instalada em telhados, tem ganhado espaço significativo no mercado devido à sua versatilidade, queda de custos, facilidade de acesso e à legislação estabelecida pela Resolução 482/2012 da ANEEL (PERAZA; GASPARIN; KRENZINGER, 2016).

Essa Resolução 482/2012 da ANEEL representou um marco regulatório significativo no setor de Geração Distribuída, permitindo a disseminação das fontes geradoras renováveis entre as unidades consumidoras (ANEEL, 2023). Embora tenha sido promulgada em 2012, um crescimento efetivo no número de instalações no Brasil começou a ocorrer somente a partir de 2016, conforme demonstrado no Gráfico 6.

**Gráfico 6 – Unidades consumidoras de Energia Solar no Brasil de 2010 até 2022**



Fonte: elaborado pela autora com base ANEEL (2023)

É possível notar que a capacidade instalada de energia solar, no Brasil, tem experimentado uma recente expansão, impulsionada pela redução de custos, destacando-se por não emitir poluentes e pelo alto potencial técnico (TOLMASQUIM, 2016).

Conforme a ANEEL (2023), no Brasil, a geração fotovoltaica cresceu 72,87% de 2021 para 2022 e até 31/07/2023 já houve 399.724 novas instalações, porém, em comparação ao ano anterior, a produção foi 13,46% menor no período. Isso pode ser justificado devido à aprovação da Lei 14.300, que entrou em vigor em janeiro de 2023, e determina que, para os novos projetos de geração de energia solar que necessitem conexão, será necessário pagar, de forma progressiva, componentes tarifários referentes ao uso da rede e serviços da distribuidora, que eram isentos anteriormente. Apesar dessas taxas, outros incentivos governamentais, linhas de crédito específicas para energias limpas, com menores taxas de juros, em parceria com bancos e a capacitação e treinamento para profissionais da indústria solar fazem com que a energia solar ainda se mostre muito vantajosa (PALERMO, 2019).

Vale ressaltar, conforme demonstrado na Tabela 1, que a maioria das instalações de energia solar, representando 53,52% do total, está concentrada em apenas 5 dos 27 estados brasileiros. Dessas instalações, mais da metade está localizada nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina. A porcentagem de potência instalada, nesses cinco primeiros estados do ranking, representa 52,60% do total do Brasil.



**Tabela 1 – Ranking dos estados brasileiros geradores de energia solar**

Ranking	Estado	Unidades Consumidoras	Unidades com Crédito	Potência (kW)	% Instalação	% Potência	Potência Média (kW/UC)
1	MG	252.755	627.634	3.084.266,90	12,29%	13,53%	12,20
2	SP	331.102	386.040	3.056.960,22	16,10%	13,41%	9,23
3	RS	261.173	349.811	2.321.947,87	12,70%	10,18%	8,89
4	PR	174.787	241.356	2.190.015,88	8,50%	9,61%	12,53
5	SC	80.894	94.980	1.339.939,87	3,93%	5,88%	16,56
6	MT	92.209	106.595	1.330.340,17	4,48%	5,83%	14,43
7	GO	87.793	112.184	1.032.245,85	4,27%	4,53%	11,76
8	BA	109.729	171.563	1.004.017,91	5,34%	4,40%	9,15
9	MS	77.149	112.162	865.351,55	3,75%	3,80%	11,22
10	RJ	98.655	114.505	851.967,69	4,80%	3,74%	8,64
11	CE	65.713	83.114	729.758,24	3,19%	3,20%	11,11
12	PE	62.713	108.380	686.732,36	3,05%	3,01%	10,95
13	PA	58.499	76.002	674.713,90	2,84%	2,96%	11,53
14	ES	40.266	46.969	502.039,06	1,96%	2,20%	12,47
15	MA	38.440	57.037	486.657,40	1,87%	2,13%	12,66
16	RN	47.078	47.749	466.695,82	2,29%	2,05%	9,91
17	PI	38.690	56.435	393.183,11	1,88%	1,72%	10,16
18	PB	25.189	45.416	322.890,21	1,22%	1,42%	12,82
19	TO	29.391	37.000	301.120,10	1,43%	1,32%	10,25
20	DF	16.579	17.965	285.656,77	0,81%	1,25%	17,23
21	RO	18.316	22.614	239.396,66	0,89%	1,05%	13,07
22	AL	21.127	33.051	232.363,08	1,03%	1,02%	11,00
23	SE	10.630	16.337	136.438,65	0,52%	0,60%	12,84
24	AM	8.170	10.369	134.170,64	0,40%	0,59%	16,42
25	AC	4.875	5.421	61.321,50	0,24%	0,27%	12,58
26	RR	1.998	2.838	36.792,23	0,10%	0,16%	18,41
27	AP	2.835	3.179	33.629,89	0,14%	0,15%	11,86
Total		2.056.755	2.986.706	22.800.613,53	100,00%	100,00%	11,09

Fonte: elaborado pela autora com base ANEEL (2023)

Através da potência média produzida, que faz o cálculo da potência instalada sobre a quantidade de unidades consumidoras, é possível observar que o Rio Grande do Sul é o segundo pior na média com 8,89, atrás somente do Rio de Janeiro com 8,64, o que demonstra que o estado tem uma capacidade de produção por instalação inferior em relação aos outros estados do país, mas, mesmo assim, se destaca como o terceiro com mais instalações e mais produção de energia (PERAZA; GASPARIN; KRENZINGER, 2016).

Mesmo com o Rio Grande do Sul exibindo uma disponibilidade de radiação solar menor em comparação com outras regiões do Brasil, o que é um desafio, é interessante notar que essa disponibilidade ainda é mais alta do que a da Alemanha, um dos países líderes em investimentos em energia solar. A irradiância solar anual na latitude do Rio Grande do Sul é aproximadamente 30% mais alta do que na latitude da Alemanha. Portanto, o Rio Grande do Sul ainda possui um potencial consideravelmente alto para a geração de energia solar em comparação com outras localidades (KAKUTA; SILVEIRA, 2018).

Vale ressaltar também que o Rio Grande do Sul possui uma população inferior aos estados de Minas Gerais e São Paulo, e que, se considerado a relação de unidades consumidoras por população, essa variável mostraria: que em MG apenas 1% da população possui Energia solar, em SP 0,7% e, no RS 2%, ou seja, os gaúchos são os que mais possui energia solar por morador no país.

Além disso, durante o verão, a região sul recebe mais radiação solar do que a norte, mesmo estando mais distante da linha do Equador, sendo somente no inverno o momento em

que essa tendência se inverte. Isso ocorre devido a maior variação sazonal na região Sul do país (DANTAS; POMPERMAYER, 2018).

Os dados econômicos dos estados da federação apontam que os cinco estados com o maior número de instalações estão entre os seis estados com a maior participação no Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes a 2020, discriminados na Tabela 2.

**Tabela 2 – Os 5 estados brasileiros com mais instalações solar e relação PIB (2020)**

Ranking	Estado	% Participação PIB (2020)	% Instalação
1	MG	8,97%	12,29%
2	SP	31,25%	16,10%
3	RS	6,19%	12,70%
4	PR	6,41%	8,50%
5	SC	4,59%	3,93%
Total		100%	100%

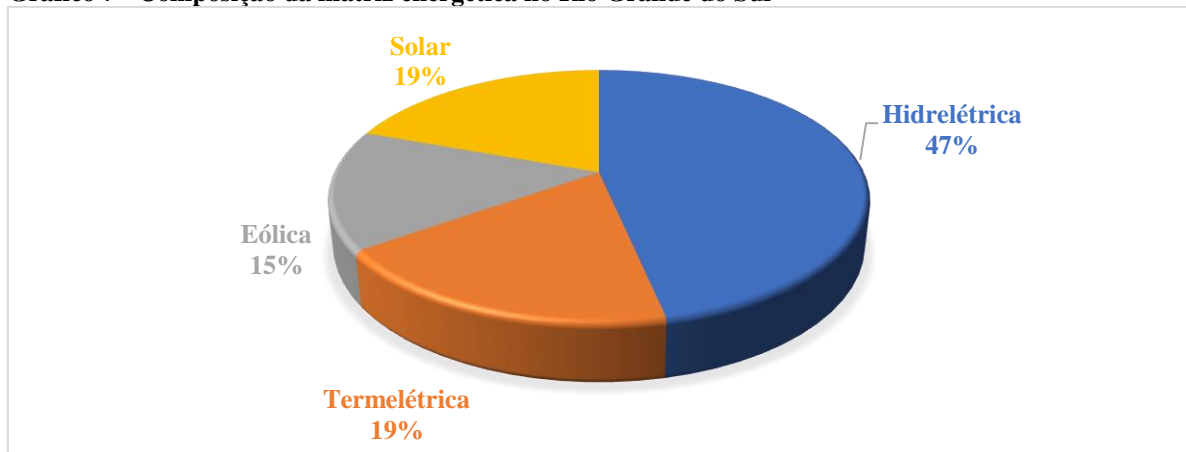
Fonte: elaborado pela autora com base ANEEL (2023) e IBGE (2020)

Esta é uma similaridade que também foi ressaltada entre países mais e menos desenvolvidos no mundo, e nota-se que, no Brasil, 53,52% das instalações de Energia Solar foram realizadas nos 5 estados responsáveis por uma parcela de 57,41% do PIB nacional. Essa correlação entre a quantidade de instalações de energia solar e a contribuição econômica dos estados sugere uma associação entre o desenvolvimento econômico e a adoção de energia solar em cada região (PERAZA; GASPARIN; KRENZINGER, 2016).

### 2.3. ENERGIA SOLAR NO RIO GRANDE DO SUL

Segundo os relatórios e indicadores de geração de energia, atualizados em 25/05/2023 pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), fazem parte da matriz energética do Rio grande do Sul e são fontes geradoras, em termos de potência instalada, as energias: hidrelétrica (47%), termelétrica (19%), solar fotovoltaica (19%) e eólica (15%) conforme mostra o Gráfico 7.

**Gráfico 7 - Composição da matriz energética no Rio Grande do Sul**



Fonte: elaborado pela autora com base ANEEL (2023)

A matriz energética gaúcha é majoritariamente composta por fontes renováveis, em especial por hidrelétricas, que representam quase 50% do total da matriz. Porém, quando se instalam novas hidrelétricas, são gerados consideráveis impactos ambientais devido à formação de grandes reservatórios de água. A predominância de apenas uma fonte energética pode acarretar na diminuição das garantias de abastecimento, uma vez que a geração fica sujeita a

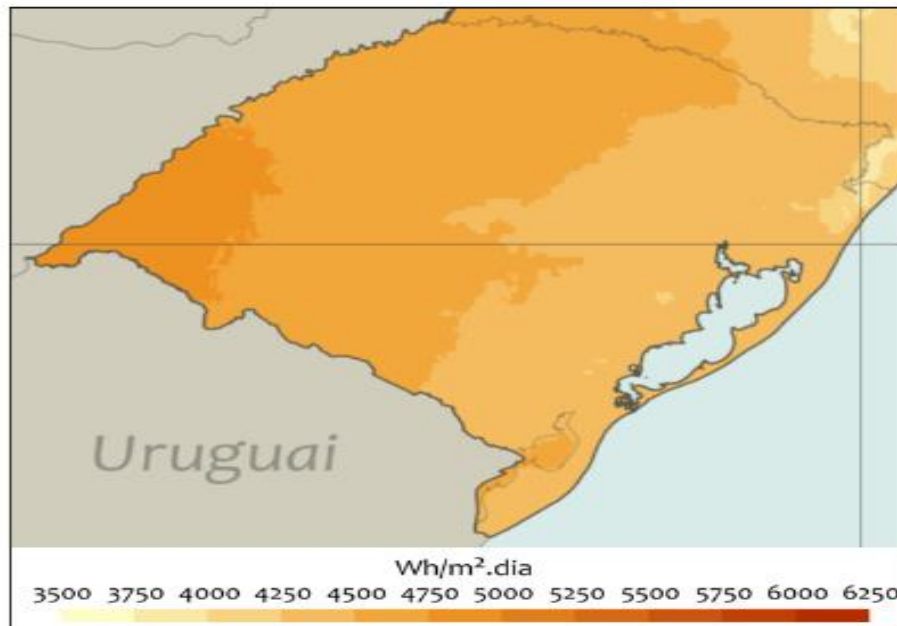
efeitos climáticos e, por essa razão, é fundamental diversificar as fontes de energia (PERAZA; GASPARIN; KREZNINGER, 2016)

Por outro lado, as usinas termelétricas utilizam diferentes combustíveis, os fósseis, que são: carvão mineral (31,2%), gás natural (40,5%), óleo diesel (3,7%), óleo combustível (3,4%) e outros derivados do petróleo (3,3%), e representam 82% da energia termelétrica do estado, trazendo consigo riscos ambientais e desvantagens econômicas em relação às energias renováveis (FERREIRA *et al.*, 2018). Há também as usinas termelétricas que utilizam biomassa, representando 18% no estado e são provenientes de casca de arroz (2,3%), licor negro (11,9), resíduos de madeira (3%), biogás proveniente da agroindústria (0,7%) e biogás proveniente de resíduos urbanos (0,1%), conforme informado pela ANEEL (2023).

Para avaliar a energia solar, vale notar que o Rio Grande do Sul apresenta características climáticas distintas, com períodos de inverno caracterizados por dias chuvosos e escassez de períodos de sol. No entanto, a irradiância solar na região não difere significativamente de outros locais do Brasil, e há uma vantagem adicional: a temperatura média mais baixa na região torna os módulos fotovoltaicos mais eficientes, pois não sobreaquece os componentes, o que geraria expansão do material elétrico e perdas energéticas (PAIXAO; ABAIDE; FILHO, 2018).

O estado do Rio Grande do Sul, localizado na região sul do Brasil, possui um clima temperado do tipo subtropical, caracterizado por significativa variação sazonal (PETTER; RODRIGUES, 2018). Os dados de irradiação média diária, para todo o território estadual, podem ser observados na Figura 3.

**Figura 3 – Média de irradiação solar por dia no Rio Grande do Sul em Wh/m<sup>2</sup>**



Fonte: (PEREIRA *et al.*, 2017)

A partir da Figura 3 é possível verificar que a região oeste do estado apresenta o maior potencial de irradiação solar, enquanto a região nordeste possui o menor potencial. Porém, a grande maioria das usinas fotovoltaicas do estado não estão instaladas na região de maior potencial de irradiação solar, mas sim nas áreas de maior potencial econômico. Isso sugere que a localização das placas solares está mais relacionada ao desenvolvimento econômico das regiões do que ao potencial solar em si (PETTER; RODRIGUES, 2018).

Assim como observado no Brasil e no mundo, no Rio Grande do Sul, as cidades que mais contribuem para o Produto Interno Bruto (PIB) também possuem a maior quantidade de usinas fotovoltaicas instaladas. Nota-se na Tabela 3 que quase 30% do total de instalações está

concentrado nos 15 municípios responsáveis por 44,42% do PIB do RS. Em outras palavras, as 15 cidades com maior contribuição para o PIB do estado abrigam uma em cada três instalações de energia solar no estado, enquanto os outros 482 municípios abrigam as outras duas instalações restantes.

**Tabela 3 – Ranking dos 15 municípios gaúchos que mais produzem energia solar.**

Ranking	Município	UC	Unidades com Crédito	Potência (kW)	% Instalação	% Potência	Potência Média (kW/UC)	% Participação PIB RS (2020)
1	Caxias do Sul	7.992	10.792	85.132,59	3,06%	3,67%	10,65	5,51%
2	Porto Alegre	6.032	7.827	55.074,44	2,31%	2,37%	9,13	16,15%
3	Novo Hamburgo	5.993	7.489	54.526,05	2,29%	2,35%	9,10	1,97%
4	Santa Maria	6.578	8.332	52.196,44	2,52%	2,25%	7,94	1,86%
5	Santa Cruz do Sul	5.606	7.183	47.363,67	2,15%	2,04%	8,45	2,23%
6	Passo Fundo	5.311	7.001	46.400,81	2,03%	2,00%	8,74	2,13%
7	Canoas	5.077	6.110	39.990,32	1,94%	1,72%	7,88	3,92%
8	São Leopoldo	4.379	5.438	36.003,21	1,68%	1,55%	8,22	2,08%
9	Uruguaiana	1.825	2.987	33.273,50	0,70%	1,43%	18,23	0,60%
10	Erechim	3.883	5.871	32.811,73	1,49%	1,41%	8,45	1,24%
11	Santa Rosa	5.148	6.338	32.762,48	1,97%	1,41%	6,36	0,67%
12	Gravataí	4.202	5.003	29.814,72	1,61%	1,28%	7,10	2,26%
13	Venâncio Aires	3.369	4.465	28.474,18	1,29%	1,23%	8,45	0,78%
14	Pelotas	3.805	5.076	28.126,52	1,46%	1,21%	7,39	2,02%
15	Lajeado	3.349	4.041	25.862,75	1,28%	1,11%	7,72	1,00%
Total		261.173	349.811	2.321.947,87	100%	100%	8,89	100%

Fonte: elaborado pela autora com base ANEEL (2023) e IBGE (2020)

Destaca-se, no estado, o município de Caxias do Sul, que lidera em número de instalações fotovoltaicas e potência instalada, com mais de 24% da quantidade de instalações em comparação com a segunda colocada, Porto Alegre. Caxias do Sul, a segunda cidade com maior participação no PIB do estado, possui sozinha mais de 85 mil kW instalados de energia solar.

Até o final de julho de 2023, no Rio Grande do Sul, conforme informações fornecidas pela ANEEL (2023), houve o registro de 261.173 unidades consumidoras com sistemas de geração solar instalados. Esses sistemas são responsáveis pelo abastecimento de 349.811 outras unidades consumidoras, que tenham mesmo proprietário, por meio do modelo de compensação de créditos de energia elétrica, atualmente regulado pela resolução 687/2015 da ANEEL. A potência total instalada no estado atingia, até 31/07/2023, impressionantes 2.321.947,87 kW (ANEEL, 2023).

Cabe ressaltar que cada unidade consumidora representa um local específico de instalação e inclui informações como o endereço e o tipo de consumo, mais explorados na Tabela 4. Já as unidades consumidoras (com crédito) representam diferentes localidades cadastradas, que envolvem a distribuição de eletricidade por meio de redes até o local onde a energia é consumida (PETTER; RODRIGUES, 2018).

Ao estratificar os dados com base na classe de consumo, foi constatado que a maioria das unidades consumidoras com energia solar pertence à classe residencial, representando 75,98% do total, enquanto a classe rural representa 13,88%. As classes comercial, industrial,

poder público, serviço público e iluminação pública somam apenas 10,15% das unidades instaladas, conforme a Tabela 4.

**Tabela 4 – Classes consumidoras de energia solar no Rio Grande do Sul**

Classe de consumo	Unidades Consumidoras	Unidades com Crédito	Potência (kW)	% Instalação	% Potência	Potência Média (kW/UC)
Residencial	198.437	259.280	1.141.581,80	75,98%	74,12%	5,75
Comercial	21.808	32.625	542.758,47	8,35%	9,33%	24,89
Rural	36.243	51.435	446.927,93	13,88%	14,70%	12,33
Industrial	4.068	5.480	170.262,77	1,56%	1,57%	41,85
Poder Público	619	994	20.149,79	0,24%	0,28%	32,55
Iluminação pública	5	7	183,29	0,00%	0,00%	36,66
Serviço Público	5	9	150,04	0,00%	0,00%	30,01
Total	261.185	349.830	2.321.947,87	100%	100%	8,89

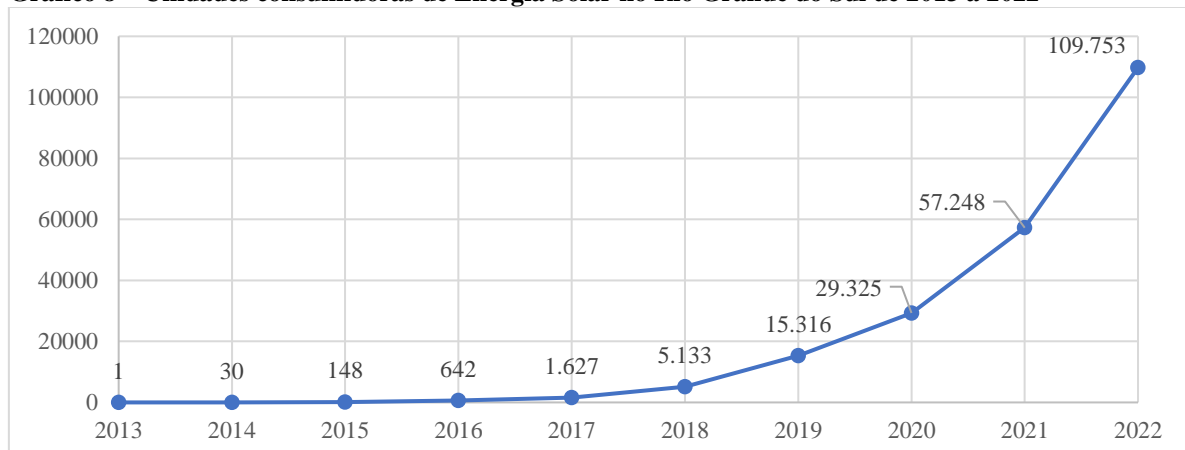
Fonte: elaborado pela autora com base ANEEL (2023)

A tabela 4 demonstra que a produção de energia solar é divergente em cada classe de consumo e isso pode ser justificado devido às suas características de implementação, como os locais geográficos de instalação, orientação do sistema solar, quantidade de placas solares, políticas de incentivo, rotina de manutenção e fatores climáticos que influenciam nas necessidades distintas de consumo (PETTER; RODRIGUES, 2018).

Quando avaliamos a potência média instalada em cada classe de consumo, as residências são as que tem pior relação entre instalação e potência. Por outro lado, a classe industrial se destaca, representando potência média de 41,85 kW/UC, aproximadamente sete vezes superior à classe residencial, com uma média de 5,75 kW/UC. É importante notar que a indústria se destaca pela maior potência média por unidade consumidora devido ao maior consumo de energia elétrica por unidade neste setor (PETTER; RODRIGUES, 2018). Ademais, segundo a ANEEL (2023), no Rio Grande do Sul, 77% do total de unidades instaladas, pertencem à modalidade de Geração na Própria Unidade Consumidora, enquanto 23% estão na modalidade de Autoconsumo Remoto.

Após a implementação da resolução 687/2015 da ANEEL, que aprimorou a resolução 482/2012, observou-se um aumento na quantidade de instalações nas unidades consumidoras, como indicado no Gráfico 8. Esse aumento é atribuído à oportunidade de formar consórcios ou cooperativas de consumidores, o que simplificou a instalação de usinas compartilhadas e a distribuição dos créditos de energia gerados entre os membros do grupo (PETTER; RODRIGUES, 2018).

**Gráfico 8 – Unidades consumidoras de Energia Solar no Rio Grande do Sul de 2013 a 2022**



Fonte: elaborado pela autora com base ANEEL (2023)

Conforme o gráfico 8, baseado em dados extraídos da ANEEL (2023), até dezembro de 2015 o estado do Rio Grande do Sul possuía apenas 148 unidades consumidoras de usinas fotovoltaicas. Em 2014, a média mensal de instalações era de 2,5 no estado. No ano seguinte, esse número aumentou para 12 conexões mensais. Já em 2016, houve um salto significativo para 53 conexões mensais. Em 2017 foi registrada uma média de 135 conexões mensais. Esse crescimento expressivo indica uma tendência de crescimento exponencial, sendo que em 2022 a média foi de 9146 instalações por mês. Porém, até julho de 2023, a ANEEL registrou 41.962 novas unidades consumidoras, fazendo com que a média nos primeiros sete meses do ano fosse de 5994, aproximadamente 35% inferior ao ano anterior no mesmo período.

O Gráfico 8 revela também uma notável elevação na quantidade de instalações em 2022, que pode ser atribuída em grande parte à antecipação do mercado investidor, devido à Lei 14.300 que entrou em vigor em janeiro de 2023 e incentivou os consumidores a antecipar suas instalações de sistemas solares, visando aproveitar o benefício sem a tributação de tarifas de transmissão.

Visando comparar o preço gasto na energia elétrica convencional (distribuída pelas concessionárias) com o preço da energia solar no estado, é necessário identificar que, na primeira, existe um somatório de estruturas como: aquisição de energia elétrica, utilização do sistema de distribuição e de transmissão, perdas técnicas e não técnicas, e impostos que no Rio Grande do Sul fazem o valor ficar em torno de R\$0,60 até R\$0,90 por kWh, segundo a ANEEL (2023). Por outro lado, utilizando a energia solar e considerando gastos iniciais e de manutenção pelo período de 15 anos (metade do tempo de vida) divididos pelo total de energia gerada, os valores ficam em torno de R\$0,45 e R\$0,60 por kWh, segundo a ANEEL (2023).

Visto que a demanda média de energia elétrica por habitante no Rio Grande do Sul é aproximadamente 2.567kWh ao ano, segundo a EPE (2020), vale observar a potência média gerada por cada fonte de energia no estado, conforme mostra a Tabela 5.

**Tabela 5 - Potência Média das fontes de Energias no Rio Grande do Sul**

Tipo	Potência (kW)	Qtd. Instalações	Potência Média (kW/UC)
Hidrelétrica	5.570.912,24	135	41.266,02
Termelétrica	2.210.480,20	139	15.902,74
Eólica	1.835.891,98	81	22.665,33
Solar	2.321.947,87	261.173	8,89
Total	9.639.491,72	261.571	39,88

Fonte: elaborado pela autora com base ANEEL (2023)

A baixa potência média de geração solar, em comparação com as outras fontes de energia, deve-se à sua ampla adoção em todas as classes de consumo, graças à sua estrutura comercial e facilidade de instalação que atende consumidores mesmo em sistemas de baixa potência. Nesse sentido, as outras fontes ainda enfrentam desafios técnicos e financeiros significativos para projetos de baixa potência, pois incluem questões como alimentação do gerador, necessidade de encontrar locais adequados e realização de estudos de impacto ambiental. Esses obstáculos tornam a fonte solar mais viável e amplamente adotada para geração distribuída em diversos contextos, como nas residências. Portanto, as elevadas quantidades de instalações e potência solar gerada no estado mostram que, quando incentivada, essa energia garante competitividade em parâmetros de produção (PETTER; RODRIGUES, 2018).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para alcançar o objetivo de identificar os desafios e oportunidades para a energia solar no Rio Grande do Sul, empreendeu-se uma pesquisa exploratória e descritiva, visando coletar

dados, produzir conhecimento sobre este tema e expor suas características. Para tal, os procedimentos metodológicos constituíram-se em uma pesquisa bibliográfica, mapeando os principais trabalhos relacionados ao tema e utilizando técnicas quantitativas para explorar os padrões e tendências que ocorrem em livros, artigos e indicadores de oferta e demanda (NAVROTSKY; PATSEI, 2021).

Para realizar a fundamentação teórica e análise de dados, foram buscados documentos nas bases Google Acadêmico ([scholar.google.com.br](https://scholar.google.com.br)) e Scopus em 16 de julho de 2023. Em ambas as fontes, foi aplicado o filtro de ano de publicação desde 2018 e realizada a busca por artigos acadêmicos, visando coletar um conjunto relevante e atualizado de documentos. Na primeira, realizou-se a busca pelas palavras-chave (“energia solar”) e (“rio grande do sul”), conforme o objetivo deste estudo, retornando 98 resultados; enquanto na segunda utilizou-se a chave de pesquisa ("photovoltaic energy") AND (brazil) em títulos, resumos e palavras-chave, para coletar artigos mais abrangentes e internacionais, retornando outros 51 documentos.

No total, a pesquisa reuniu 149 documentos das duas bases de dados, que foram incluídos na biblioteca do gerenciador de referências Zotero, nesta etapa foram identificados e removidos 5 documentos duplicados. Os 144 artigos restantes foram lidos e adicionados na análise de dados conforme sua proximidade com o objetivo de estudo, de maneira que a pesquisa exploratória descritiva proporcionasse mais familiaridade com o problema para construir hipóteses e analisar exemplos, identificando relações entre as variáveis (SELLTIZ *et al.*, 2005). As informações mais relevantes coletadas nestes documentos foram transformados em tabelas do Excel e resumidas, para fácil entendimento, em imagens na plataforma Canva (<https://www.canva.com/>).

Para encontrar indicadores mercadológicos referentes à geração de energia, foi utilizado o site da ANEEL ([gov.br/aneel](http://gov.br/aneel)) mantido pelo Ministério de Minas e Energias do Governo Federal. A partir da seleção da central de conteúdos, relatório e indicadores, geração, unidades com geração distribuída e sistema de informações de geração, foi possível utilizar a ferramenta de dados Power BI com datas de 01/07/2009 até 31/07/2023 para coletar informações referentes à: unidades consumidoras, geração de energia solar federal, estadual e municipal, composição da matriz energética e termelétrica, classes consumidoras e modalidades de consumo. As informações do plano nacional de energia para 2030, projeções de consumo, oferta, eficiência energética e cenários macroeconômicos foram encontrados no Ministério de Minas e Energia ([gov.br/mme](http://gov.br/mme)) através dos planos e informações energéticas disponibilizados.

Por meio da ferramenta “captura”, os dados disponíveis no Power BI foram disponibilizados no Microsoft Excel como dados de imagem da área de transferência e alinhados para estruturar materiais gráficos. A análise de dados quantitativos permitiu a identificação de padrões, tendências e relações entre variáveis através de técnicas estatísticas adequadas para extrair informações significativas dos dados apresentados nos gráficos e tabelas (MILES; HUBERMAN; SALDAÑA, 2020). Com base nessas informações, foi possível organizar os dados e interpretar os fenômenos estudados.

Os dados referentes à oferta e demanda de energia renovável, mercados de eletricidade, eficiência energética e acesso à energia foram coletados da Agência Internacional de Energia (IEA, 2023) que examina o amplo espectro de questões energéticas em 42 países, incluindo o Brasil. Dados de investimento em energia solar foram adquiridos através do relatório publicado pela Bloomberg em 2023, e os de PIB foram buscados no site do IBGE, em estatísticas econômicas, contas nacionais e produto interno bruto, disponibilizados em 2020 pelo Governo Federal. Os dados coletados nessas bases de dados foram agrupados em Excel e transformados em gráficos conforme sua proximidade ao objetivo do artigo, de forma a possibilitar uma maior contextualização deste estudo, e facilitar a observação do conteúdo explorado (NAVROTSKY; PATSEI, 2021).

## 4 ANÁLISE DOS DADOS

Nesta seção será realizada uma análise dos resultados obtidos com base em materiais explorados sobre desafios e oportunidades para a energia solar no Rio Grande do Sul. Para complementar esta análise, estão identificados no Quadro 1 os dez principais documentos investigados, listados conforme o maior número de citações das bases Scopus e Google Acadêmico.

**Quadro 1 - Os 10 Artigos mais citados**

Citações	Título	Autor/Ano	Periódico
215	Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in Brazil	(FERREIRA <i>et al.</i> , 2018)	Renewable and Sustainable Energy Reviews
68	A Dual-Battery Storage Bank Configuration for Isolated Microgrids Based on Renewable Sources	(NETO; SAAVEDRA; SOUZA RIBEIRO, 2018)	IEEE Transactions on Sustainable Energy,
62	Monthly profile analysis based on a two-axis solar tracker proposal for photovoltaic panels	(HOFFMANN <i>et al.</i> , 2018)	Renewable Energy
56	Paths and barriers to the diffusion of distributed generation of photovoltaic energy in southern Brazil	(GARLET <i>et al.</i> , 2019)	Renewable and Sustainable Energy Reviews
50	Challenges and opportunities for the growth of solar photovoltaic energy in Brazil	(CARSTENS; CUNHA, 2019)	Energy Policy
43	Uma visão geral sobre o potencial de geração de energias renováveis no Brasil	(BONDARIK; PILATTI; HORST, 2018)	Interciencia
41	An economic analysis of the integration between air-conditioning and solar photovoltaic systems	(NOVAES PIRES LEITE <i>et al.</i> , 2019)	Energy Conversion and Management,
28	Combining wind and solar energy sources: Potential for hybrid power generation in Brazil	(FERRAZ DE ANDRADE SANTOS <i>et al.</i> , 2020)	Utilities Policy
27	Analysis of the Topologies of Power Filters Applied in Distributed Generation Units - Review	(CREPALDI; AMOROSO; ANDO, 2018)	IEEE Xplore
25	Os novos princípios e conceitos inovadores da Economia Circular	(ABDALLA; SAMPAIO, 2018)	Entorno Geográfico

Fonte: elaborado pela autora

O artigo mais citado aborda os principais aspectos da evolução dos incentivos regulatórios para o uso da energia solar fotovoltaica no Brasil e apresenta as tecnologias e características da geração de energia fotovoltaica (FERREIRA *et al.*, 2018). O segundo artigo mais citado apresenta a ideia de armazenamento de energia em baterias com sistemas isolados baseados em energia fotovoltaica (NETO; SAAVEDRA; SOUZA RIBEIRO, 2018).

Entre os 10 artigos mais citados já é possível identificar o debate sobre desafios e oportunidades para a energia solar no Brasil, e, após análise dos documentos explorados, foi possível verificar padrões e tendências importantes no cenário da energia solar no Rio Grande do Sul. Portanto, neste próximo segmento, exploraremos os principais obstáculos que precisam ser superados e as oportunidades que se apresentam para a expansão e consolidação da energia solar no Rio Grande do Sul.



#### 4.1. DESAFIOS E OPORTUNIDADES DA ENERGIA SOLAR NO RIO GRANDE DO SUL

Para identificar os desafios e as oportunidades da energia solar no Rio Grande de Sul, foram exploradas suas principais características. A Figura 4 apresenta o resumo das principais informações coletadas nos artigos explorados.

Figura 4 – Desafios e oportunidades da energia solar no Rio Grande do Sul



Fonte: elaborado pela autora (2023)

Os desafios, em termos econômicos, encontram-se na dependência da situação econômica, política e social dos locais beneficiados pela energia solar, dificultando o desenvolvimento de regiões com grande potencial de exploração e não aproveitando de forma máxima os recursos disponíveis (TOMASZEWSKI; SOARES; HAAG, 2018). A região Oeste do estado exibe o potencial mais significativo de potência solar devido às suas elevadas taxas de radiação e extensas áreas propícias para a implantação de painéis fotovoltaicos (KAKUTA; SILVEIRA, 2018). Porém, conforme mostram Petter e Rodrigues (2018), o mercado de geração distribuída de fonte solar não necessariamente se expande nas regiões com maior potencial solar, mas sim para áreas com maior desenvolvimento econômico, devido ao custo de instalação, pois o de transmissão, só começou a ser aplicado em 2023.

As oportunidades, em termos econômicos, estão relacionadas ao fato de os investimentos em energias renováveis terem aumentado 35% de 2019 para 2022, tornando essas fontes mais acessíveis e economicamente competitivas (IEA, 2023). Além disso, os painéis solares representam o menor preço médio necessário para investimentos em energia e uma possibilidade de redução de até 33% na conta de energia, apresentam cenários promissores para a ampla adoção dessa tecnologia no estado (KAKUTA; SILVEIRA, 2018).

Os desafios tributários encontram-se na Lei 14.300, que entrou em vigor em janeiro de 2023 e já apresenta influência devido à queda de 13,46% no número de instalações de energia solar realizadas no estado até julho de 2023, em comparação ao ano anterior. Essa Lei determina que, para os novos projetos de geração de energia solar, será necessário pagar, de forma

progressiva, componentes tarifários referentes ao uso da rede e serviços da distribuidora, o que era isento anteriormente (PALERMO, 2019).

As oportunidades tributárias destacam a atuação da ANEEL, visto que a Resolução 482/2012 proporcionou um crescimento efetivo no número de instalações solares a partir de 2016, e a Resolução 687/2015 garantiu o autoconsumo remoto. Também as linhas de crédito com menos taxas de juros para energias limpas (como exemplos: BNDES Finem - Geração de Energia, Crédito Sustentabilidade – Banrisul e Financiamento para Energia Solar – Sicredi) e a busca dos consumidores por diminuir seus próprios custos com energia elétrica continuam impulsionando a adoção da energia solar (PALERMO, 2019; SACCARDO *et al.*, 2023). Além disso, a isenção do ICMS para energia solar no Rio Grande do Sul e a Lei 13.169, que possibilitou a incidência do PIS/Pasep e da COFINS somente sobre a diferença entre energia consumida e energia injetada, também apresentam oportunidades relevantes para adoção da energia solar no estado (CAMARGO, 2018).

No contexto tecnológico, embora as placas solares fabricadas no Brasil tenham continuamente evoluído em termos de eficiência, o relatório da Agência Internacional de Energia (IEA) de 2023 destacou um desafio significativo: a China domina 80% da produção global de módulos solares, o que destaca uma necessidade de avanço industrial no Brasil (CASARIN, 2023).

A oportunidade tecnológica no estado se encontra em sua particularidade climática, pois, mesmo durante os períodos de inverno, marcados por dias chuvosos e uma redução na quantidade de sol, a irradiação solar na região não apresenta uma diferença significativa em relação a outros lugares do Brasil. Esse fator contribui para a maior eficiência dos módulos fotovoltaicos, uma vez que as temperaturas mais baixas ajudam a evitar o superaquecimento dos componentes. (PAIXAO; ABAIDE; FILHO, 2018).

Os desafios sociais trazidos por Garlet *et al.* (2019) destacam a necessidade de uma mudança cultural que promova um uso mais responsável dos recursos do planeta, uma vez que muitas pessoas se sentem inseguras em relação à confiabilidade das energias renováveis e preferem continuar recebendo eletricidade da rede convencional, ao invés de investir em sistemas solares. Os autores enfatizam a importância de direcionar esforços para realizar campanhas educacionais que forneçam informações claras aos consumidores sobre os benefícios ambientais das energias renováveis, visando aumentar sua conscientização sobre o tema.

As oportunidades, em termos sociais, encontram-se na demanda por profissionais qualificados nesse setor, tanto para instalação quanto para manutenção e marketing; no aumento de bem-estar social, proporcionado pela melhora na qualidade de vida, economia de custos e desenvolvimento social; e na possibilidade de acesso à energia para populações distantes e descentralizadas, garantindo desenvolvimento regional (SACCARDO *et al.*, 2023).

Em termos ambientais, os desafios estão relacionados ao Rio Grande do Sul demonstrar uma capacidade de produção por instalação inferior aos outros estados do país e, em seu território, também existem áreas com diferentes potenciais produtivos (ANEEL; SCG; EGDI, 2023). Além disso, embora os módulos fotovoltaicos apresentem um ciclo de vida relativamente longo, a potência do sistema pode ser significativamente reduzida por influência de fenômenos de degradação (GARLET *et al.*, 2019)

Já as oportunidades, em termos ambientais, contribuem para a proteção do planeta e a mitigação de impactos, visto que adequar-se às iniciativas de redução de emissões, bem como realizar a transição para fontes de energia limpa, reduzem os gases do efeito estufa e preservam os combustíveis fósseis em escassez (BONDARIK; PILATTI; HORST, 2018). No Rio Grande do Sul, além de reduzir as emissões de gases poluentes provenientes da queima de combustíveis fósseis, a energia solar também pode contribuir para diversificar a matriz energética, permitindo preservar os níveis dos reservatórios das usinas hidrelétricas; e diminuir os custos de

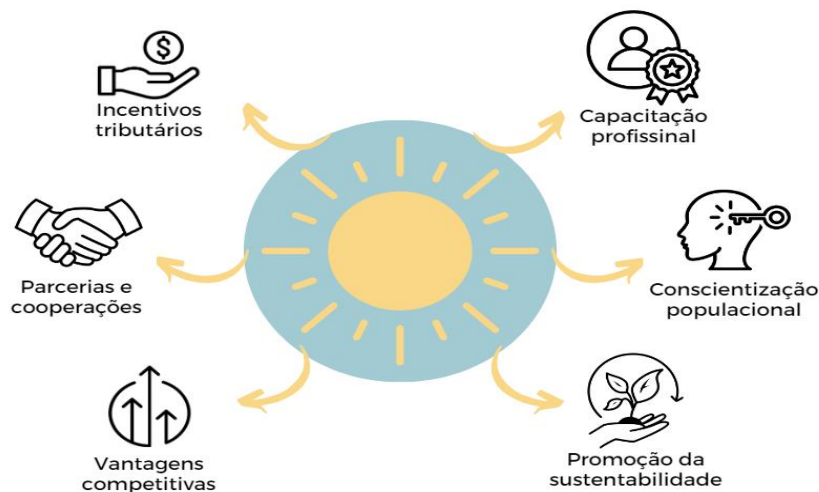
transmissão e geração de energia, por meio da implementação de projetos descentralizados no território estadual (PETTER; RODRIGUES, 2018). O Atlas Solar do Rio Grande do Sul, produzido por Kakuta e Silvera (2018), apresenta que irradiação obtida em qualquer região do território gaúcho é viável para a implementação de projetos de aproveitamento solar e que utilizando apenas 2% das áreas não urbanas do estado, seria possível instalar uma capacidade de energia fotovoltaica equivalente à média de consumo elétrico do Rio Grande do Sul.

Tais resultados mostraram que a fonte de energia solar tem expectativa de crescimento, mas muito ainda precisa ser feito para consolidá-la na matriz energética, dado a existência de barreiras econômicas, sociais, tributárias e ambientais (GARLET *et al.*, 2019).

#### 4.2. ESTRATÉGIAS DE DESENVOLVIMENTO E ENERGIA RENOVÁVEL

A análise do mercado de energia solar no Rio Grande do Sul aponta para estratégias promissoras capazes de impulsionar a energia renovável e o desenvolvimento sustentável (PETTER; RODRIGUES, 2018). A Figura 5 foi elaborada para resumir as principais estratégias identificadas que contribuem para a diminuição dos desafios e promovem as oportunidades da energia solar no Rio Grande do Sul.

**Figura 5 – Estratégias para desenvolvimento da Energia Solar**



Fonte: elaborado pela autora (2023)

Camargo (2018) apresenta que mesmo os tributos tendo uma função primordialmente voltada para a arrecadação, eles também podem ser utilizados como instrumentos de políticas econômicas capazes de estimular atividades e padrões de consumo específicos. Carstens e Cunha (2019) informam que políticas fiscais específicas promovem a energia solar, e Garlet *et al.* (2019) ressaltam a importância de os governos na região Sul do Brasil apresentarem incentivos e subsídios que permitam a adoção da tecnologia. Nesse contexto, incentivos tributários para promover a adoção de energia solar são destacados na Resolução Normativa n.º 482/2012 da ANEEL, que determina que a energia produzida e não utilizada fica armazenada para uso posterior na unidade consumidora. Também a Lei n.º 13.169 de 2015 se mostra como uma estratégia, pois definiu que a incidência do PIS/Pasep e da COFINS se daria apenas sobre a diferença entre energia consumida e energia injetada na rede e, no Rio Grande do Sul, há também a isenção do ICMS como benefício fiscal aos sistemas de compensação de energia. Portanto, as ações governamentais podem facilitar o processo de criação de negócios nesse segmento e apresentam vital importância para a rápida difusão dessa inovação (GARLET *et al.*, 2019).

Referente às estratégias de parcerias para o desenvolvimento da energia solar, a ESTIF (2020), aponta que pesquisas e políticas favoráveis voltadas ao estímulo dessa energia geram maiores benefícios para a sociedade e possibilitam crescimento do mercado solar numa escala cinco vezes maior que o cenário de crescimento espontâneo. O Ministério de Minas e Energias promove parcerias que tiveram destaque em 2023 pelos programas de conservação de energia (PROCEL), linhas de financiamento do BNDES e o Programa Nacional de Eficiência Energética (PEE) conduzido pela ANEEL. Além disso, a parceria com universidades, concessionárias de energia, órgãos de fomento à pesquisa, secretarias de educação e empresas podem garantir a implementação de iniciativas que promovam o desenvolvimento da energia solar no estado (GARLET *et al.*, 2019).

Uma estratégia que pode ser observada no faturamento das empresas que optam pela energia solar é o uso de vantagens competitivas, já que elas levam em consideração investimentos iniciais significativos, tempo de payback, redução de custos com energia e atração de investimentos. Os benefícios a longo prazo são ganhos de vantagens competitivas em termos de reputação e economia de custos que, dependendo do perfil de consumo da unidade, reduz entre 25% até 33% do custo de energia (ABSOLAR, 2023).

Carstens e Cunha (2019) apresentam que a formação de profissionais capacitados também é uma estratégia para desenvolver a energia solar, visto que estes estimulam a inovação, fornecem manutenção das instalações, orientam os clientes e alocam corretamente os painéis, sendo necessário sua requalificação e adaptação constante. Vale ressaltar que, segundo a Absolar (2023), para cada megawatt instalado de energia solar, são gerados aproximadamente 30 empregos diretos e indiretos.

Outra estratégia identificada foi a de gerar conscientização populacional para desenvolver energias renováveis. Olade (2022) apresenta que cidadãos informados tendem a usar a energia de forma mais racional e economizam entre 10% e 15% a mais do que os que não se sensibilizam para essa necessidade. Além disso, o Ministério de Minas e Energias apresenta, no Plano Nacional de Eficiência Energética para 2030, que uma mudança cultural, possibilitada através da divulgação dos conceitos de política ambiental, sustentabilidade, responsabilidade social, conservação e eficiência energética, promove o uso mais responsável de recursos do planeta, protegendo o meio ambiente e o clima. O crescimento do setor depende também de um processo de aprendizado que inclui níveis mais altos de educação e conhecimento da população sobre essa fonte de energia, permitindo que as pessoas tomem decisões mais economicamente racionais, já que os possíveis adotantes se sentem inseguros quanto ao desempenho da tecnologia, pois não possuem informações suficientes sobre ela (GARLET *et al.*, 2019).

A dimensão ambiental é uma das principais razões para a difusão de sistemas fotovoltaicos, uma vez que representa a redução das emissões de dióxido de carbono e dos poluentes do ar (GARLET *et al.*, 2019). Além disso, visando a promoção da sustentabilidade, empresas alinhadas com práticas de ESG (Ambiental, Social e Governança) tendem a receber mais investimentos devido ao aumento de credibilidade (ABSOLAR, 2023). Portanto, promover a sustentabilidade econômica a longo prazo estimula a fomentação da energia solar e possibilita uma menor dependência por combustíveis fósseis prejudiciais ao ambiente (MME, 2023).

A promoção da energia solar engloba a definição de metas de longo prazo, a disponibilização de incentivos fiscais, a criação de oportunidades mais atrativas para investidores e o desenvolvimento de cursos de formação profissional. A criação de políticas para promover a energia solar tem um impacto direto na mobilização de recursos, mas também resulta na promoção de atividades empreendedoras no setor e impulsiona a geração de empregos. A disseminação do conhecimento promove a criação de redes de cooperação para o

desenvolvimento da energia solar e estimula a reestruturação do mercado (CARSTENS; CUNHA, 2019).

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo dos desafios e oportunidades da energia solar no Rio Grande do Sul apresenta indicadores mercadológicos que evidenciam barreiras e possibilidades da energia solar, bem como estratégias para seu desenvolvimento. A produção e o consumo de energia solar podem impulsionar a sustentabilidade, a eficiência energética e a economia, tornando o estado do Rio Grande do Sul mais competitivo e trazendo benefícios para a sociedade, já que a produção de energia é fundamental para o desenvolvimento econômico.

Através deste estudo, foi possível identificar que o potencial solar do Rio Grande do Sul supera seu consumo de energia e a irradiação obtida em qualquer região do território gaúcho é viável para a implementação de projetos de aproveitamento solar. Porém, vale ressaltar que a região oeste, apesar de apresentar a maior irradiação solar no estado, não é a região mais beneficiada, pois as instalações também dependem de situação econômica e política dos locais.

Para garantir um futuro mais ambientalmente equilibrado, a energia solar se apresenta como uma alternativa sustentável para a humanidade e, no Rio Grande do Sul, além de reduzir as emissões de gases poluentes provenientes da queima de combustíveis fósseis, ela pode contribuir para diversificar a matriz de energia e descentralizar as instalações no território estadual. Vale ressaltar que os painéis solares representam também o menor custo médio necessário para investimento em energia e seu mercado tem aumentado devido ao avanço tecnológico e à queda de custos.

A principal contribuição científica desta pesquisa foi a identificação de desafios e oportunidades da energia solar no estado, apontando para características econômicas, tributárias, tecnológicas, sociais e ambientais. Dessa forma, foi possível contextualizar estratégias que levam em consideração todas essas dimensões e propor ações coordenadas para desenvolver de forma concreta a energia solar no Rio Grande do Sul.

Os principais resultados encontrados em relação aos desafios incluem principalmente a dependência econômica dos locais para instalação da energia solar, a nova tarifa referente ao uso da distribuidora desde janeiro de 2023, a necessidade de uma mudança cultural para aumentar a conscientização da população e a capacidade produtiva no estado ser inferior ao resto do país. Já as oportunidades se destacam por apresentarem uma fonte mais competitiva economicamente, por conta da existência de estímulos tributários, do aumento de bem-estar social, proporcionado pela melhora na qualidade de vida, e da possibilidade de diversificar a matriz energética em todo o território estadual em alinhamento com o desenvolvimento sustentável. Dentre as estratégias para seu desenvolvimento, destacam-se incentivos tributários, uso de vantagens competitivas, conscientização populacional, promoção da sustentabilidade, capacitação profissional e formação de parcerias.

A compreensão dos desafios e oportunidades da energia solar no Rio Grande do Sul proporciona a aprendizagem e o desenvolvimento para o campo de pesquisa. Porém, conforme esta pesquisa estabeleceu limitações geográficas e focou-se exclusivamente na energia solar, há ainda espaço para exploração científica.

Como sugestão para pesquisas futuras, seria importante ampliar o escopo deste estudo para abranger outras regiões do país e outros tipos de energia renovável, como eólica e de biomassa. Sugere-se também observar o custo da instalação solar após 2023, que sofreu aumento tributário imposto pela lei 14.300; o potencial produtivo para a fabricação de matérias-primas, componentes e equipamentos de energia solar internamente no Brasil; e os motivos da baixa participação no PIB afetarem a falta de desenvolvimento elétrico em regiões menos desenvolvidas, visando auxiliar em processos de tomada de decisão e políticas públicas, seja

para o desenvolvimento, investimento em pesquisa, ou para a implantação de tecnologias em novos processos sustentáveis.

## REFERÊNCIAS

ABDALLA, F. A.; SAMPAIO, A. C. F. Os novos princípios e conceitos inovadores da Economia Circular. **Entorno Geográfico**, [s. l.], n. 15, p. 82–102, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.25100/eg.v0i15.6712>. Acesso em: 01 ago. 2023.

ABSOLAR. **Panorama da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 09 ago. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Relação de empreendimentos de Geração Distribuída**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://dadosabertos.aneel.gov.br/dataset/relacao-de-empresendimentos-de-geracao-distribuida>. Acesso em: 12 jul. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução normativa nº 482. 17 abr. 2012**. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em 02 ago. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução normativa nº 687. 21 nov. 2015**. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em 02 ago 2023.

BLOOMBERG. **Energy Transition Investment Trends**. California, 2023. Disponível em: <https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/energy-transition-investment-trends-2023.pdf>. Acesso em: 6 ago. 2023.

BONDARIK, R.; PILATTI, L. A.; HORST, D. J. Uma visão geral sobre o potencial de geração de energias renováveis no Brasil. **Interciencia**, [s. l.], v. 43, n. 10, p. 680–688, 2018. Disponível em: [https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/10/680-HORST-43\\_10.pdf](https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/10/680-HORST-43_10.pdf). Acesso em: 01 ago. 2023.

BRASIL. **Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022**. Dispõe sobre o marco legal da microgeração e minigeração distribuídas de energia elétrica. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2022/lei/114300.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/114300.htm). Acesso em: 02 ago. 2023.

BRASIL. **Lei nº 13.169, de 6 de outubro de 2015**. Dispõe sobre PIS e COFINS da microgeração e minigeração distribuídas de energia elétrica. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/113169.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113169.htm). Acesso em: 02 ago. 2023.

CAMARGO, H. C. **Efetividade dos incentivos fiscais concedidos ao sistema de compensação de energia solar como forma de estímulo ao desenvolvimento sustentável**. Dissertação (Mestrado em Direito) – Programa de pós-graduação em direito. Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <http://repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/7328>. Acesso em: 02 ago. 2023.

CARSTENS, D. D. D. S.; CUNHA, S. K. D. Challenges and opportunities for the growth of solar photovoltaic energy in Brazil. **Energy Policy**, [s. l.], v. 125, p. 396–404, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.10.063>. Acesso em: 02 ago. 2023.

CASARIN, R. **Capacidade global de fabricação de painéis solares pode superar 1 TW**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/noticias/mercado/internacional/capacidade-global-de-fabricacao-de-paineis-solares-pode-superar-1-tw>. Acesso em: 6 ago. 2023.

CREPALDI, J.; AMOROSO, M. M.; ANDO, O. H. Analysis of the topologies of power filters applied in distributed generation units-Review. **IEEE Latin America Transactions**, [s. l.], v. 16, n. 7, p. 1892–1897, 2018. Disponível em: 10.1109/TLA.2018.8447354. Acesso em: 02 ago. 2023.

DANTAS, S. G.; POMPERMAYER, F. M. Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico. **IPEA**, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: [https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td\\_2388.pdf](https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_2388.pdf). Acesso em: 01 ago. 2023.

EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/EPEFactSheetAnuario.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2023.

ESTIF. **Solar Heat Europe Policy Solutions**. Bruxelas, 2020. Disponível em: <http://solarheateurope.eu/welcome-to-solar-heat-europe/>. Acesso em: 1 ago. 2023.

FERRAZ A. S; JONG P, COSTA C., TORRES E. Combining wind and solar energy sources: Potential for hybrid power generation in Brazil. **Utilities Policy**, [s. l.], v. 67, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957178720300795>. Acesso em: 1 ago. 2023.

FERREIRA, A. *et al.* Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 81, p. 181–191, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117310389>. Acesso em: 1 ago. 2023.

FIALHO, W.; CAMPOS, A. L. P.; SIQUEIRA, A. C. Perspectivas de inserção da energia solar fotovoltaica na geração de energia elétrica no Rio Grande do Norte. **HOLoS**, [s. l.], v. 3, p. 3–14, 2013. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1493>. Acesso em: 05 ago. 2023.

GARLET, T. B. *et al.* Paths and barriers to the diffusion of distributed generation of photovoltaic energy in southern Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 111, p. 157–169, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119303193>. Acesso em: 1 ago. 2023.

HOFFMANN, F. M. *et al.* Monthly profile analysis based on a two-axis solar tracker proposal for photovoltaic panels. **Renewable Energy**. Elsevier Ltd, [s. l.], 2018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148117308388>. Acesso em: 1 ago. 2023.

IEA. **World Energy Investment 2023**. Paris, 2023. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2023>. Acesso em: 1 ago. 2023.

KAKUTA, S.; SILVEIRA, E. **Atlas Solar Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://estado.rs.gov.br/upload/arquivos/atlas-solar7.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2023.

MACHADO, G. V. **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2030**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/topico-522/Caderno%20de%20Demanda%20de%20Eletricidade%20-%20PDE%202030%20\(1\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/topico-522/Caderno%20de%20Demanda%20de%20Eletricidade%20-%20PDE%202030%20(1).pdf).

MILES, M. B.; HUBERMAN, A. M.; SALDAÑA, J. **Qualitative data analysis: a methods sourcebook**. Fourth ed. Los Angeles: SAGE, 2020.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA **Plano Nacional de Eficiência Energética**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/publicacoes/plano-nacional-de-eficiencia-energetica/documentos/plano-nacional-eficiencia-energetica-pdf/pdf/view>. Acesso em: 1 ago. 2023.

NAVROTSKY, Y.; PATSEI, N. Zipf's Distribution Caching Application in Named Data Networks. *Em: 2021 IEEE OPEN CONFERENCE OF ELECTRICAL, ELECTRONIC AND INFORMATION SCIENCES (ESTREAM)*, 2021, Vilnius, Lithuania. **2021 IEEE Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream)**. Vilnius, Lithuania: IEEE, 2021. p. 1–4. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9431445/>. Acesso em: 22 jul. 2023.

NETO, P. B. L.; SAAVEDRA, O. R.; SOUZA RIBEIRO, L. A. A Dual-Battery Storage Bank Configuration for Isolated Microgrids Based on Renewable Sources. **IEEE Transactions on Sustainable Energy**, vol. 9, no. 4, pp. 1618-1626, 2018. Disponível em: 10.1109/TSTE.2018.2800689. Acesso em: 22 jul. 2023.

NOVAES PIRES LEITE, G. de *et al.* An economic analysis of the integration between air-conditioning and solar photovoltaic systems. *Energy Conversion and Management*. **Elsevier Ltd**, [s. l.], 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890419302201>. Acesso em: 22 jul. 2023.

OLADE. **Situacion energetica de America Latina**. Quito, 2022. Disponível em: <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/hm000641.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2023.

ONU ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/>. Acesso em: 1 ago. 2023.

PAIXAO, J. L.; ABAIDE, A. R.; FILHO, P. G. A. Impact evaluation of the photovoltaic generation input on a concessionaire's network. *Em: 2018 SIMPOSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS ELETRICOS (SBSE) [VII BRAZILIAN ELECTRICAL SYSTEMS SYMPOSIUM (SBSE)]*, 2018, Niteroi. **2018 Simposio Brasileiro de Sistemas Eletricos**



(SBSE). Niteroi: IEEE, 2018. p. 1–6. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8395937/>. Acesso em: 10 jul. 2023.

PALERMO, B. P. A. **Viabilidade de implantação de um sistema de geração solar fotovoltaico**. Trabalho de Conclusão Bacharel em Engenharia de Controle e Automação. Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/handle/11338/2166>. Acesso em: 10 jul. 2023.

PERAZA, D. G.; GASPARIN, F. P.; KREZNINGER, A. Estudo de viabilidade da instalação de usinas solares fotovoltaicas no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Energia Solar**, [s. l.], v. 6, n. 1, 2016. Disponível em: <https://rbens.emnuvens.com.br/rbens/article/view/127>. Acesso em: 5 ago. 2023.

PEREIRA, E. B. *et al.* Atlas Brasileiro de Energia Solar. - 2ª Edição (2017), São José dos Campos: INPE, 2017. 80p. Disponível em: [http://labren.ccst.inpe.br/atlas\\_2017.html](http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html). Acesso em: 10 jul. 2023.

PETTER, A. W.; RODRIGUES, L. J. Perfil do mercado de energia solar fotovoltaica no rio grande do sul. **Congresso Brasileiro de Energia Solar - CBENS**, Gramado, 2018. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/589>. Acesso em: 3 ago. 2023.

REN, J.; DONG, L. Evaluation of electricity supply sustainability and security: Multi-criteria decision analysis approach. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 172, p. 438–453, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617324745>. Acesso em: 3 ago. 2023.

SACCARDO, R. R. *et al.* Investment in photovoltaic energy: An attempt to frame Brazil within the 2030 passage target of the Paris agreement. **Cleaner Energy Systems**, [s. l.], v. 5, p. 100070, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cles.2023.100070>. Acesso em: 3 ago. 2023.

SELLTIZ, C. *et al.* **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. 2. eded. São Paulo: E.P.U, 2005.

TOLMASQUIM, M. T. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar e Oceânica**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-172/Energia%20Renov%C3%A1vel%20-%20Online%2016maio2016.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2023.

TOMASZEWSKI, G. A.; SOARES, R. S.; HAAG, R. OBTENÇÃO DO ÍNDICE DE CLARIDADE ATMOSFÉRICA PARA DIFERENTES LOCALIDADES DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Congresso Brasileiro de Energia Solar - CBENS**, Gramado, 2018. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/715>. Acesso em: 5 ago. 2023.