



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE**  
**NÚCLEO DE GESTÃO**  
**CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

**TACIANE SOARES SILVA**

**Análise comparativa dos impactos socioeconômicos e ambientais das  
energias renováveis**

**CARUARU**

**2023**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

**CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE**

**NÚCLEO DE GESTÃO**

**CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

**TACIANE SOARES SILVA**

**Análise comparativa dos impactos socioeconômicos e ambientais das energias renováveis**

Monografia apresentada ao Curso de Economia da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, como requisito para a obtenção do título de bacharel em Economia.

**Área de concentração:** Energias Renováveis

**Orientador(a):** Cynthia Xavier de Carvalho

**Caruaru**

**2023**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, Taciane Soares.

Análise comparativa dos impactos socioeconômicos e ambientais das energias renováveis / Taciane Soares Silva. - Caruaru, 2023.  
47, tab.

Orientador(a): Cynthia Xavier de Carvalho

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Ciências Econômicas, 2023.

1. Meio Ambiente. 2. Energia Eólica. 3. Energia Solar. I. Carvalho, Cynthia Xavier de . (Orientação). II. Título.

330 CDD (22.ed.)

TACIANE SOARES SILVA

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E  
AMBIENTAIS DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS**

Monografia apresentada ao Curso de  
Economia da Universidade Federal de  
Pernambuco, Centro Acadêmico do  
Agreste, como requisito para a obtenção  
do título de bacharel em Economia.

Aprovado em: 04/10/2023

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Cynthia Xavier de Carvalho  
(Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. LEANDRO WILLER PEREIRA COIMBRA (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dra. Rosa Kato (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

“Dedico este trabalho a meus pais: José Maria Silva (in memoriam) e a Alaíde Soares B. Silva”

## **AGRADECIMENTOS**

Expresso minha gratidão a Deus, que mesmo diante de obstáculos consegui forças para concluir essa pesquisa. Sou grata a minha família e amigos pelo apoio que sempre me deram durante toda a minha vida. A meu esposo e meus filhos por me encorajarem nessa caminhada. Agradeço especialmente a minha orientadora por toda dedicação e paciência ao longo desse trabalho e a todos os professores que passaram por minha vida acadêmica.

## RESUMO

O desenvolvimento das fontes renováveis mostra ser indispensável para garantir a diversificação da matriz energética e assim contribuir com a geração de energia que seja benéfica para o meio ambiente e para os indivíduos. Este trabalho tem como objetivo verificar os impactos ambientais e econômicos, destacando as externalidades positivas e negativas, gerados pela exploração de fontes de energias classificadas como renováveis, em expansão na matriz energética brasileira. Para tanto, para a pesquisa utilizou-se de levantamento bibliográfico e coleta de informações em documentos governamentais e institucionais. Embora demonstrando a importância socioeconômica que as fontes energéticas consideradas renováveis têm em termos de competitividade e para o desenvolvimento econômico, como as fontes energéticas eólicas e solar, verificou-se a presença de externalidades negativas que devem ser consideradas em todas as matrizes energéticas.

**Palavras-chave:** Meio Ambiente; Energia Eólica; Energia Solar.

## **ABSTRACT**

The development of renewable sources proves essential to guarantee the diversification of the energy matrix and thus contribute to generating energy beneficial to the environment and individuals. This work aims to verify the environmental and economic impacts, highlighting the positive and negative externalities generated by exploring renewable energy sources and expanding the Brazilian energy matrix. To this end, the research used a bibliographical survey and collection of information from government and institutional documents. Although demonstrating the socioeconomic importance that renewable energy sources have in terms of competitiveness and economic development, such as wind and solar energy sources, it was verified the presence of negative externalities that must be considered.

**Keywords:** Environment; Wind Energy; Solar energy.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução da Participação das Fontes renováveis na Oferta Interna de Energia .....	17
Gráfico 2 – Repartição da Oferta Interna de Energia (Ano base 2022) .....	18
Gráfico 3 – Outras fontes renováveis de energia.....	19
Gráfico 4 – Geração Distributiva Solar FV no Brasil por classe de consumo ..	24
Gráfico 5 – Montante de Investimentos Públicos e publicamente orientados em PD&D em energias renováveis (em milhões de reais constantes de 2018) .....	27
Gráfico 6 – Origem dos recursos (%) de PD&D em eficiência energética .....	28
Gráfico 7 – Matriz Energética Brasileira .....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Capacidade Instalada E Número De Parques Por Estado ....	22
Tabela 2 – Preço da Energia Solar Fotovoltaica Residencial .....	37
Tabela 3 – Preço da Energia Solar Fotovoltaica para comércios e indústrias.....	37

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Ranking Estadual da Geração Distributiva.....	25
FIGURA 2 – Mapa síntese da análise socioambiental integrada do PDE 2031.....	35
FIGURA 3 – Contratação por Fonte Energética.....	41

## LISTA DE ABREVIações

ABEEÓLICA	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA
ABINEE	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA
ABSOLAR	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA
ACR	AMBIENTE DE CONTRATAÇÃO REGULADO
ANEEL	AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA
BEN	BOLETIM ENERGÉTICO NACIONAL
CBEE	CENTRO BRASILEIRO DE ENERGIA EÓLICA
CELPE	COMPANHIA ENERGÉTICA DE PERNAMBUCO
CEPAL	COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE
CO2	DIÓXIDO DE CARBONO
CONFAZ	CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA
DIEESE	DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS
GW	GIGAWATT
GWEC	GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL
ICMS	IMPOSTO SOBRE CIRCULAÇÃO DE MERCADORIAS E SERVIÇOS
IPEA	INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA
IRENA	INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY
MME	MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MW	MEGAWATT

OIE	OFERTA INTERNA DE ENERGIA
PD&D	PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E DEMONSTRAÇÃO
PDE	PLANO DECENAL DE EXPANSÃO DE ENERGIA
PRODEEM	PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO DE ESTADOS E MUNICÍPIOS
PROGD	PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA
PROINFA	PROGRAMA DE INCENTIVO ÀS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA ELÉTRICA

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
2.1	ENERGIA RENOVÁVEL	16
2.2	ENERGIA EÓLICA .....	21
2.3	ENERGIA SOLAR.....	23
<b>3</b>	<b>ANÁLISE COMPARATIVA DOS CRITÉRIOS ECONOMICOS E AMBIENTAIS DAS FONTES ENERGÉTICAS SELECIONADAS</b>	<b>26</b>
3.1	ENERGIA EÓLICA.....	26
3.1.1	<i>Critérios Econômicos e Ambientais</i> .....	26
3.1.2	<i>Impactos Positivos e Negativos</i> .....	29
3.1.3	<i>Formas de comercialização</i> .....	32
3.2	ENERGIA SOLAR .....	33
3.2.1	<i>Critérios Econômicos e Ambientais</i> .....	33
3.2.2	<i>Impactos Positivos e Negativos</i> .....	35
3.2.3	<i>Formas de comercialização</i> .....	37
3.3	COMPETITIVIDADE.....	39
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>42</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A contribuição de uma energia limpa tanto para o desenvolvimento econômico quanto para o desenvolvimento sustentável é de extrema importância para toda sociedade e para geração futura.

A expansão de energias renováveis tenta reduzir os impactos que outras energias não renováveis causam e aumenta a diversificação da matriz energética. A maioria das fontes energéticas até então utilizadas, acarreta poluição ambiental e suas fontes não são infinitas. Como alternativa, destacam-se as fontes energéticas solar e eólica, mas como o uso desses recursos impactam o meio ambiente e a sociedade, são fatores que necessitam ser analisados.

Dentre as fontes de energias renováveis, a energia eólica e a energia solar vêm sendo destacadas como capazes de produzir energia limpa (PIVA, 2010). O Brasil tem grande potencial eólico. Segundo o Global Wind Energy Council (GWEC) *apud* Ministério de Minas e Energia (2022; s.p.), “O Brasil ocupa a sexta posição no ranking mundial de energia eólica onshore (em terra), com 21,5 gigawatts (GW) de capacidade instalada”. A produção dessa energia vem dos grandes parques instalados na região Nordeste do país, batendo recordes de geração de energia.

Além do aspecto de geração de energia, Simas e Pacca (2013) mostram, como aspecto positivo, que a instalação e manutenção dessa fonte energética é tida como contribuindo para geração de empregos, já que é necessário um trabalho em equipe de diferentes profissionais e especializações diversas. Também se destaca o aumento da renda dos proprietários de terras, que arrendam áreas para as empresas dos parques eólicos (Portal do agronegócio 2019; s.p.).

Porém, há impactos ambientais e sociais causados pelos parques eólicos. Entre os impactos sociais estão as externalidades negativas ocasionadas à população com residências próximas aos aerogeradores que sofrem com o barulho decorrente das hélices das torres, além das fissuras nas casas (BdF Pernambuco, 2021). Para os impactos ambientais costuma-se citar a não preservação da fauna e da vegetação da região (Marinho et al., 2021).

A energia solar também possui grande destaque no Nordeste devido ser regiões de alta irradiações solares, passando também a exportar energia para outros estados. Com incentivos governamentais e parcerias de instituições financeiras, as

peças passam a buscar financiamento para realizar a instalação das placas fotovoltaicas em empresas e residências contribuindo para redução da conta de energia, emitida pela companhia elétrica do estado e redução dos custos operacionais.

Se de um lado, investimentos nas energias consideradas renováveis contribuem para o desenvolvimento do setor energético, tendo em vista que geram novos postos de trabalho; de outro lado, são destacadas desvantagens, já que inicialmente tem um alto custo para adquiri-la e o armazenamento de energia solar, por exemplo, pode ocorrer em pequena quantidade, além dos aspectos descritos anteriormente.

Feitas essas considerações, o presente trabalho tem como objetivo geral, **analisar comparativamente os tipos de energias renováveis, verificando seus impactos, sob os aspectos ambientais e socioeconômicos presentes nas fontes energéticas, dentre elas a energia eólica e a energia solar.** Os objetivos específicos seguem definidos a seguir:

- 1º Revisar e sistematizar os tipos de fontes de energias utilizadas no Brasil;
- 2º Analisar comparativamente os critérios econômicos e ambientais presentes em cada matriz energética identificada a partir do surgimento das energias renováveis;
- 3º Verificar se há competitividade entre as fontes de energias selecionadas, com base na análise comparativa realizada em torno dos critérios econômicos.

A realização desta pesquisa baseia-se na importância socioeconômica que a energia tem para o desenvolvimento da sociedade e de como conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental, relacionando as diferentes formas de energias consideradas renováveis com a crescente demanda energética.

A metodologia utilizada nesse trabalho foi de revisão bibliográfica. Para a pesquisa foram empregues dados disponibilizados publicamente pelas instituições públicas e privadas do setor, utilizando-se também dos dados disponibilizados pelas produções científicas, com informações e dados consolidados. Portanto, todos os gráficos e tabelas constantes no corpo do texto, utilizam-se de dados secundários. A ferramenta web permitiu o acesso à maioria das informações.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo apresenta um estudo bibliográfico, detalhando o cenário da matriz energética brasileira, especialmente as fontes consideradas renováveis, dentre elas: as fontes eólicas e solar, bem como suas relações com meio ambiente, atendendo ao primeiro objetivo específico.

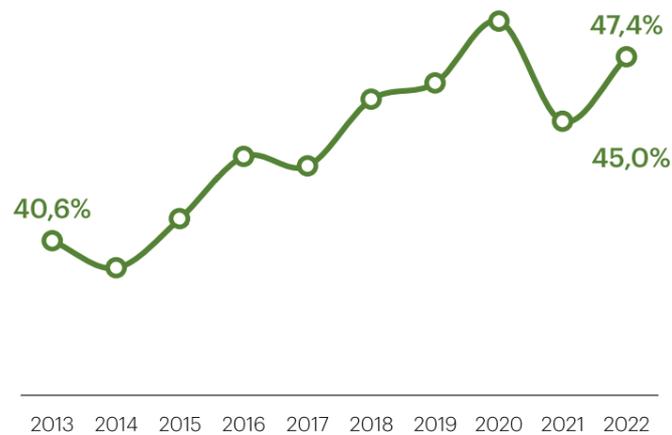
### 2.1 ENERGIA RENOVÁVEL

Os países passam a ter a necessidade de diversificar sua matriz energética para que não haja o comprometimento do fornecimento ao utilizar uma única fonte de energia. A utilização de energias renováveis possibilita a diversificação da matriz energética brasileira e é por vezes considerada como necessária para a redução da emissão de carbono, causada pela utilização dos combustíveis fósseis.

O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é o mais importante dos poluentes responsáveis pelo aquecimento global que está alterando o nosso clima. De acordo com especialistas se quisermos evitar níveis perigosos de aquecimento global, temos de cortar as emissões de CO<sub>2</sub> em 80-90 por cento até 2050. Isso significa que necessitamos de mudanças nas formas de geração de energia, para as que não produzem CO<sub>2</sub> (PIVA, 2010; p. 21).

O Brasil tem um alto percentual de fontes renováveis comparado com o resto do mundo. De acordo com o Atlas de Eficiência Energética (2022), que faz uma análise dos indicadores para monitorar o desenvolvimento da eficiência energética a participação das fontes renováveis no Brasil, em 2021, foi de 45%, já no restante do mundo, em 2019, foi de 14%.

Já no gráfico 1 que apresenta o progresso da participação da energia renovável no Brasil, nos últimos 20 anos, mostrando sua expansão. Destaca-se que o declínio nos anos de 2014, 2017 e 2021 foi resultante dos períodos de estiagem, quando é reduzida a capacidade do potencial das hidrelétricas. De acordo com os dados do Boletim energético nacional (BEN 2023), que mostra a oferta e a demanda por energia no Brasil. As energias renováveis compõem 47,4% em 2022 da matriz energética brasileira.

**Gráfico 1 – Evolução da Participação das Fontes renováveis na Oferta Interna de Energia (OIE)**

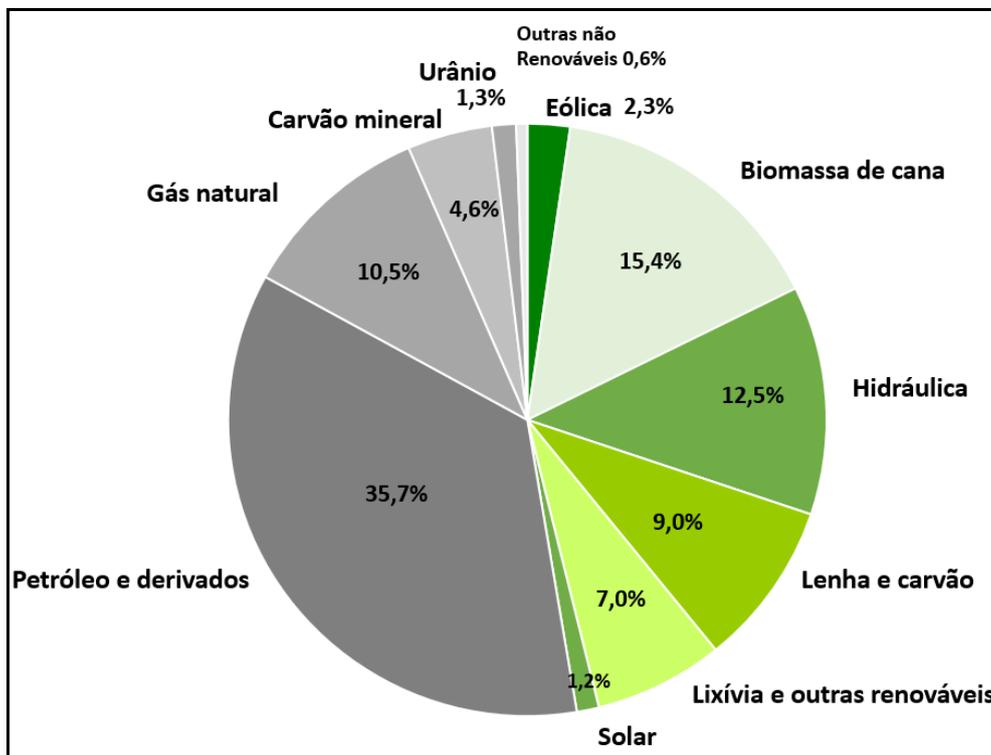
Fonte: BEN (2023)

Como destacado, de acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN, 2023) a matriz energética brasileira em 2022 é composta de 47,4% proveniente de fontes renováveis que são energias provenientes de processos naturais e são compostas por biomassa de cana, hidráulica, eólica, sol, ar, lenha e carvão vegetal, lixívia, entre outras. Já as não renováveis compõem 52,6% (gráfico 2), são compostas por petróleo e derivados, gás natural, carvão mineral, urânio e outras.

Nota-se que houve uma redução da participação das renováveis na matriz energética entre 2013 e 2014 devido à queda da oferta hidráulica. A partir de 2015 retomam sua trajetória de crescimento atingindo 45% de participação em 2021 e 47,4% em 2022. (BEN, 2023; p.19)

A energia proveniente da biomassa de cana ocupa 15,4% na oferta interna de energia, seguida por hidráulica 12,5%, lenha e carvão 9,0%, lixívia e outras renováveis 7,0%, eólica 2,3% e solar 1,2% (Gráfico 2).

Gráfico 2 -- Repartição da Oferta Interna de Energia (Ano base 2022)



Fonte: BEN (2023). Elaboração Própria.

Como boa parte da oferta interna de energia na matriz energética brasileira é composta principalmente pela produção de energia elétrica vindo de usinas hidrelétricas (12,5%), em períodos de estiagens a produção de energia varia de acordo com os níveis do reservatório, tornando essa produção mais cara. Surge então um dos fatores que leva a necessidade da diversificação dessa matriz.

É visto, nas energias renováveis, uma necessidade de sustentabilidade que seja compatível com o crescimento da demanda energética, para que haja um menor impacto no meio ambiente. No entanto, é importante destacar que, mesmo essas fontes alternativas sendo classificadas como renováveis, também causam impactos ambientais.

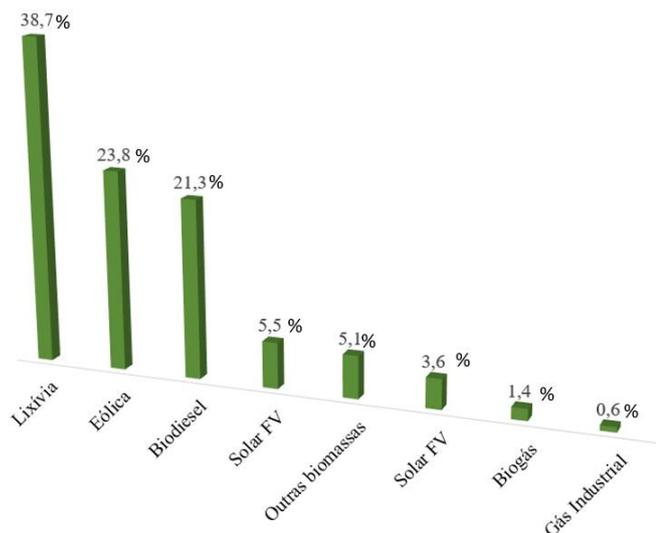
A maioria dos projetos hidrelétricos que existem na Amazônia mostram que as construções de barragens alteram e até mesmo destroem habitats, dentre elas as florestas aluviais, que dependem de inundações sazonais e impactam as populações aquáticas como peixes, répteis como tartarugas e jacarés. Esses efeitos podem levar a extinção dessas espécies. Além disso, as obras de infraestruturas para construção das barragens, possibilitam outras atividades destrutivas como a

mineração e a agricultura industrial (GREENPEACE, 2018). Isto, afora os impactos sobre áreas indígenas e de preservação.

Outro exemplo é a energia eólica que com a instalação dos aerogeradores ocasionam uma mudança no fluxo migratório de aves na região em que se instaura, além dos ruídos que emitem. Recentemente, o crescimento de parques de energia solar no Nordeste tem levantado indagações sobre o real impacto dessas instalações na região. Alguns desses aspectos serão abordados nos próximos itens.

No Balanço Energético Nacional, BEN (2023) também mostra as categorias de fontes referentes a outras renováveis, que estão descritas no gráfico 3.

**Gráfico 3 - Outras fontes renováveis de energia**



Fonte: BEN (2023). Elaboração Própria.

Segundo o Atlas de Eficiência Energética (2022) O ritmo de crescimento das fontes renováveis de energia até 2021 foi devido à expansão do setor sucroalcooleiro e ao avanço expressivo de outras renováveis, como as fontes eólica, lixívia associada à indústria de celulose e biodiesel, já que o Brasil é o segundo maior produtor mundial de biodiesel.

Mesmo com uma pequena participação, as fontes de energia eólica e solar apresentam crescimento contínuo.

O crescimento da energia eólica aparece com percentuais destacáveis em relação ao crescimento de outras fontes de energia, mas ainda faz parte de uma pequena parcela. O Brasil, além de ser muito favorável a energia eólica, tem sua matriz imensamente 'dominada pela geração hídrica, que também tem em solo brasileiro uma geografia extremamente favorável (Rampinelli, 2013; p.277)

Devido ao alto custo das tecnologias associadas à instalação dessas fontes de energia alternativas, o incentivo a pesquisas e financiamentos governamentais foram criados para facilitar sua exploração e uso.

Segundo a Eletrobrás (2017; s.p.), o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), criado pelo Governo Federal em 26 de abril de 2002, pela Lei 10.438, e coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), “contribuiu para a diversificação da matriz energética nacional, além de ter fomentado a geração de milhares de empregos diretos e indiretos em todo o país, proporcionando grande avanço industrial”.

É inegável a diversidade de fontes energéticas para suprir a demanda de energia, mas é importante que o aumento na produção seja conciliado com melhorias também para o meio ambiente, para que se minimize as possíveis externalidades negativas provenientes da geração de energia.

## 2.2 ENERGIA EÓLICA

Energia eólica é a produção de eletricidade através da força do vento, com a utilização de turbinas eólicas que convertem a energia cinética do vento para produzir energia. De acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica - ABEEólica (2020; s.p.) boa parte da expansão da energia eólica no Brasil se dá pela característica dos ventos do território brasileiro, o quais são estáveis, sem mudanças na velocidade ou direção e com a intensidade certa. Fator necessário para produção dessa energia e que resultam em características que explicam a sua alta produtividade. O primeiro aerogerador instalado no Brasil foi através de uma parceria da companhia energética de Pernambuco (CELPE) e do Centro Brasileiro de Energia eólica (CBEE), no arquipélago de Fernando de Noronha, em 1992. Dessa época até hoje, foram construídos 10.178 aerogeradores no país.

A energia eólica é classificada como energia renovável, pois não são fontes esgotáveis e por não ter um alto potencial de poluição em comparação com as outras fontes de energias presentes na matriz energética. Geralmente é considerada mais sustentável quando se sinaliza que seus impactos são relativamente menores. Segundo Piva (2010):

A energia eólica é uma forma limpa e renovável de energia, que durante a operação não produz dióxido de carbono. Enquanto algumas emissões desses gases vão ter lugar durante a concepção, fabricação, transporte e montagem de turbinas eólicas, a energia gerada a partir de um parque eólico dentro de alguns meses para compensar totalmente por essas emissões (PIVA; 2010 p.70).

A energia eólica passa a ser chamada de fonte alternativa de energia devido seu incremento ser favorável para suprir a energia escassa em determinado período em que os reservatórios de água das hidrelétricas estão em níveis mais baixos, devido ao período de seca. Geralmente a quantidade de maiores ventos coincidem com esse período, o que torna uma característica favorável a esse tipo de investimento. Essa correlação entre os recursos eólicos e hídricos possibilita que a oferta de energia elétrica a partir de hidrelétricas possa ser regulada também por outras fontes renováveis, tornando-se uma forma de minimizar os riscos de redução na capacidade de armazenamento das barragens em períodos de seca (DUTRA, 2007).

A “safra dos ventos” é o período de junho até o final do ano. Período em que a energia eólica bate recordes na geração de eletricidade, como em 22 julho de 2021 em que as eólicas abasteceram todo o Nordeste durante um dia inteiro. Nessa época foi gerada uma média 11.399 MW, suprimindo 102% da demanda do Nordeste (ABEEólica, 2020).

De acordo com o InfoVento (2023) o Brasil tem 26,0 GW de capacidade instalada em operação comercial em 15 de junho de 2023 e previsão de 50,7 GW para 2029, que é a potência que o país tem para gerar energia, a qual vai depender das condições climáticas. Possuindo 916 parques eólicos com 10.178 aerogeradores em operação em 12 estados, o Nordeste se destaca com mais parques instalados.

**Tabela 1 - Capacidade instalada e número de parques por estado**

UF	Potência (MW)	Parques	Aerogeradores
RN	7.872,43	248	2.991
BA	7.633,37	276	2.828
PI	3.583,95	108	1.246
CE	2.568,34	98	1.138
RS	1.835,89	80	830
PE	1.061,77	40	472
PB	765,94	33	282
MA	426,00	15	172
SC	242,70	15	174
SE	34,50	1	23
RJ	28,05	1	17
PR	2,50	1	5
<b>TT</b>	<b>26.057,53</b>	<b>916</b>	<b>10.178</b>

Fonte: INFOVENTO 31 (2023)

A tabela 1 mostra a quantidade de parques eólicos e aerogeradores em cada estado e a potência em megawatts com base nos dados do infográfico de junho de 2023.

### 2.3. ENERGIA SOLAR

A tecnologia de captação fotovoltaica é um dos processos de aproveitamento da luz solar mais utilizado para gerar energia elétrica. Esse efeito fotovoltaico se dá pela conversão direta da luz solar em eletricidade através das células fotovoltaicas. (ALVES, 2019).

Após a luz do sol ser captada e transformada em corrente contínua e passada por um inversor, ela é transformada em corrente alternada. Assim, o que exceder a produção de eletricidade volta para rede, gerando um crédito para conta de luz (ABSOLAR, 2022).

Devido a necessidade de energia para os satélites, em 1958 foi enviado um satélite ao espaço, onde seu rádio era alimentado por um painel solar de 1W, quando passaram a colocar os painéis solares em embarcações e construções. (Quantum, 2020).

Com as crises energéticas havia a necessidade de ampliar essas instalações de conversão de energia, que fossem economicamente viáveis, pois era alto o custo de produção das células usadas em explorações espaciais. Algumas empresas passaram a investir nessa produção de tecnologia fotovoltaica e a ampliação desse mercado possibilitou reduzir os preços ao longo dos anos em relação aos preços das células para os programas espaciais (CRESESB, 2008).

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica - ABSOLAR (ABSOLAR, 2022), é realizado um infográfico mensal, expondo um panorama da energia solar fotovoltaica no país. Nos dados consolidados do infográfico realizado em julho de 2023 foram identificados 2.028.366 sistemas solares fotovoltaicos conectados à rede, tendo 2.693.551 unidades consumidoras que recebem créditos pelo sistema de compensação de energia elétrica. Isso evitou a emissão de mais de 40,6 milhões de toneladas de Carbono.

**Gráfico 4 - Geração Distributiva Solar FV no Brasil por classe de consumo**



FONTE: ANEEL/ABSOLAR (2023).

Segundo ABSOLAR (INFOGRÁFICO, nº 56 JULHO/2023), 1.593.402 sistemas solares fotovoltaicos estão conectados às redes instaladas em residências, 219.208 em setores comerciais e serviços, 176.605 em áreas rurais, 33.358 em indústrias, 5.428 no poder público, 256 no serviço público e 109 em iluminação pública (gráfico 4). Os sistemas fotovoltaicos passam a incrementar o sistema de distribuição, onde minimizam a carga gerada por equipamentos em centros comerciais. Já nos centros urbanos podem ser aplicados em telhados de residências, coberturas de prédios, como unidades de geração distribuída. São consideradas renováveis devido os impactos ambientais serem mínimos, pois não há emissão de carbono na produção de energia, mas há emissão de poluentes no processo de fabricação das células fotovoltaicas, as quais a indústria com interesses em preservar sua imagem, vêm tentando reduzir e controlar essas emissões (ABINEE, 2012).

**Figura 1 – Ranking Estadual da Geração Distributiva**



FONTE: ANEEL/ABESOLAR(2023).

Devido localização geográfica numa faixa de latitude, com incidência de radiação solar superior, o Brasil é estratégico em relação aos outros países (GALDINO, s.d). Isso impulsiona o desenvolvimento de projetos solares. A figura 1 mostra os estados que mais possuem potência instalada (MW).

As regiões Sul e Sudeste destacam-se nos cinco primeiros lugares, como as regiões com maior potência instalada do país, já que contém grandes empreendimentos para fornecerem energias às empresas e indústrias. Os estados do Nordeste somam 19,5 % do total.

No próximo capítulo será avaliado os impactos socioeconômicos e ambientais da geração de energia eólica no país, verificando se essa fonte alternativa agride em menor escala o meio ambiente, apresentando também suas características desfavoráveis.

### **3 ANÁLISE COMPARATIVA DOS CRITÉRIOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DAS FONTES ENERGÉTICAS SELECIONADAS**

Esse capítulo condensa a introdução de elementos para análise dos critérios econômicos e ambientais presentes em cada matriz energética selecionada, em atendimento ao segundo objetivo específico do presente estudo, junto com elementos para análise dos impactos ambientais positivos (externalidades positivas) e negativos (externalidades negativas), a partir do surgimento das energias renováveis, em atendimento ao terceiro objetivo específico. O quarto e último objetivo específico será abordado ao se complementar os aspectos descritos anteriormente, com aspectos relacionados à competitividade e à análise comparativa dos critérios econômicos. No conjunto, atendendo a proposta de estudo delineada.

#### **3.1 ENERGIA EÓLICA**

##### *3.1.1 Critérios Econômicos e Ambientais*

A necessidade de adequação de novas fontes na matriz energética brasileira, devido ao aumento no consumo e a ampliação da atividade tecnológica no setor das fontes renováveis, contribui para o desenvolvimento econômico e tecnológico, como também geração de empregos.

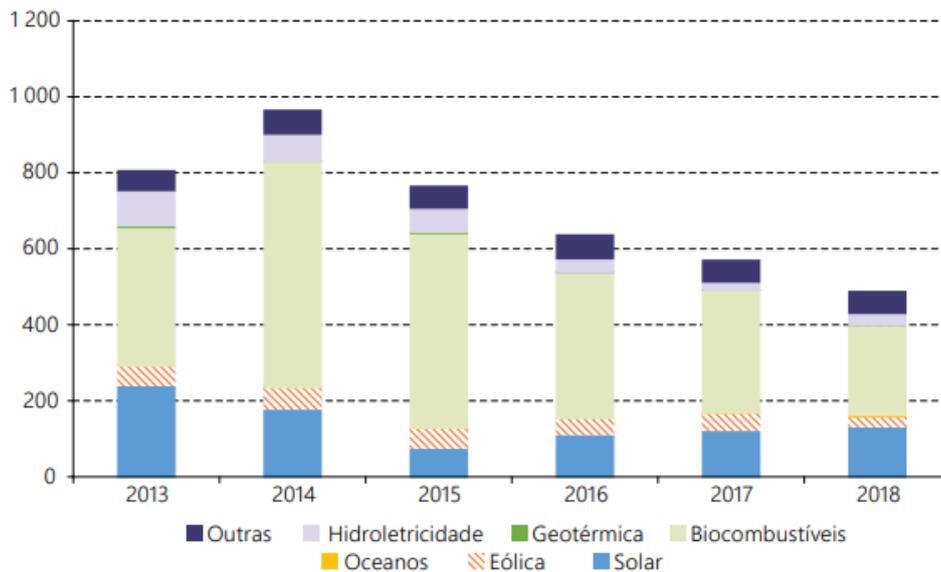
A busca por uma trajetória para a sustentabilidade e os seus efeitos para o desenvolvimento econômico são as formas de elaborar políticas que visem recursos e novas estratégias para o desempenho da geração de energias renováveis. Um dos investimentos mais importantes em energias renováveis é em pesquisa, desenvolvimento e demonstração (PD&D), que abrange pesquisas para o desenvolvimento de tecnologias energéticas, fornecendo informações técnicas, econômicas e ambientais.

O gráfico 5, de acordo com a CEPAL (2020) detalha a evolução dos investimentos públicos e publicamente orientados em PD&D em tecnologias de geração de energia renovável, para o período de 2013 a 2018.

O volume total de investimentos de R\$ 966 milhões em 2014, ano com maior volume investido, “talvez ajude a explicar o progresso notável dos biocombustíveis, da bioeletricidade, da eólica e a solar a partir de 2014” (CEPAL, 2020 p.47). Os

projetos de PD&D em biocombustíveis é a fonte com mais investimentos, embora venha reduzindo, seguido das fontes eólicas, solar e hidroeletricidade, respectivamente. Os investimentos em energia solar, embora ainda menores que os níveis de 2013 e 2014, tem-se elevado gradativamente desde 2015.

**Gráfico 5 – Montante de Investimentos Públicos e publicamente orientados em PD&D em energias renováveis (em milhões de reais constantes de 2018)**



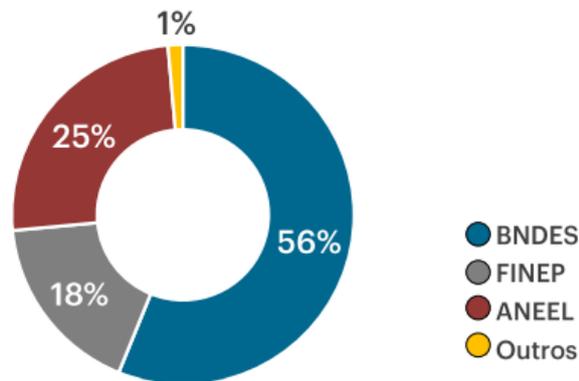
FONTE: CEPAL (2020)

O gráfico 6 mostra a origem dos recursos destinados ao financiamento, que são primordiais tanto para o desenvolvimento quanto para o setor competitivo das energias renováveis. Ele mostra o quanto é importante a participação do Estado para incentivar o investimento em novas matrizes energéticas, uma vez que temos a energia elétrica como essencial para o desenvolvimento da economia e da sociedade.

Outra forma de investimento é através do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (PROINFA), que busca aumentar a produção de energia elétrica através do aumento das fontes renováveis, dentre elas a eólica.

O valor de custeio destes empreendimentos é dividido em cotas mensais, recolhidas por distribuidoras, transmissoras e cooperativas permissionárias. O cálculo das cotas é baseado no Plano Anual do Proinfa (PAP) elaborado pela Eletrobras e encaminhado para a ANEEL (CCEE, s.d; s.p.).

**Gráfico 6 – Origem dos recursos (%) de PD&D em eficiência energética**



FONTE: ATLAS (2022)

O PROINFA como política pública impulsionou o desenvolvimento do setor eólico no Brasil, proporcionando um ambiente de baixos riscos de investimentos. Isso, mostrando a viabilidade da energia eólica, através de contratos de compra de energia de longo-prazo com condições de financiamento de até 80% pelo BNDES, passando a ser um ambiente atrativos para os investidores (Simas e Pacas, 2013).

O Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2023, publicado pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE, é elaborado com o intuito de ter um planejamento, com adequadas projeções econômicas necessárias para expansão energética do País. Ele mostra a estimativa de investimentos em expansão da geração de energia com aumento gradativo da capacidade eólica na matriz energética brasileira, incentivando a instalação de indústrias de equipamentos e desenvolvimento tecnológico (PDE, 2023).

Esse setor das fontes renováveis possibilita um grande potencial de geração de empregos seja de forma direta ou indiretamente, em todas as etapas de expansão dos parques eólicos, através das indústrias de fabricação, transporte, montagem e manutenção dos parques eólicos.

Um dos critérios ambientais relevantes da energia eólica seria que a operação dos parques eólicos evita a emissão de qualquer tipo de gás que contribua para poluição atmosférica ou seja nocivo à saúde pública, favorecendo as questões climáticas.

A moderna tecnologia eólica apresenta um balanço energético extremamente favorável e as emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas com a fabricação, instalação e serviços durante todo ciclo de vida do aerogerador

são “recuperados” depois dos três a seis meses de fabricação (Terciole, 2002; s.p).

Com o desenvolvimento dos parques eólicos em áreas ambientais, o conselho nacional do meio ambiente estabelece que os projetos dos parques eólicos passem por análise de profissionais do órgão ambiental criando assim a resolução Conama 279/2001 e a resolução Conama 462/2014.

De acordo com Oliveira et al (2021) os benefícios trazidos com os licenciamentos ambientais foram para preservação das áreas ambientais e as atividades econômicas exercidas pelos agricultores, assim como a regularização das terras através da comprovação de posse.

### 3.1.2 *Impactos Positivos e Negativos*

Antes de detalhar os aspectos positivos e negativos relacionados à exploração dessas fontes energéticas, é importante destacar como os conceitos de externalidades positivas e negativas se associam a esse contexto.

Por externalidade positiva, entende-se que são os efeitos positivos que as energias renováveis causam aos indivíduos e meio ambiente, tanto de forma indireta quanto direta proporcionando também o desenvolvimento socioeconômico. Já por externalidade negativa, entende-se que esses mesmos efeitos positivos podem acarretar problemas o que chamamos de efeitos negativos, tanto para o meio ambiente como para os indivíduos, modificando a estrutura da sociedade ou impossibilitando as atividade e modo de vida, a exemplo dos moradores das localidades em que se implanta parques eólicos (Ferraz, 2021).

Visto isso, comecemos a detalhar que, com a ampliação de investimentos no setor eólico temos como impacto positivo a geração de empregos, a expansão da renda das famílias que arrendaram suas terras para instalação e operação dos aerogeradores e o desenvolvimento de indústrias de equipamentos.

A lógica da metodologia proposta é a de que uma expansão (ou realização) de investimentos no setor eólico, aumenta a demanda nos setores de máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos, e da construção (efeito direto), o que aumenta a produção de outros segmentos para fazer frente à expansão inicial gerada pelos recursos alocados. Setores que fornecem insumos a estes setores diretamente afetados vão produzir mais para atender a esta nova realidade, de modo que um choque positivo gera um efeito em cadeia, com um efeito maior do que o choque inicial (efeito indireto). (Oliveira et al. 2021; p.27)

O desenvolvimento econômico de uma determinada região pode ser analisado através da geração de emprego. De acordo com o estudo elaborado pelo economista Bráulio Borges, pesquisador associado do FGV-IBRE e economista-sênior da LCA Consultores, citado no boletim anual elaborado pela ABEEólica (2022, p. 11), “a construção dos parques eólicos gerou 196 mil postos de trabalho entre 2011 e 2022 movimentando R\$ 321 bilhões na economia.”

Para Simas e Pacca (2013) “A atividade de construção é a maior geradora de empregos diretos, e nessa atividade há grande potencial para a criação de empregos temporários para as comunidades onde o parque eólico está instalado” (Simas e Pacca, 2013; p.110).

Em países onde houve a expansão da energia eólica no mundo, como a China, EUA, Alemanha, Índia e Espanha. Houve conseqüentemente o desenvolvimento de indústrias para suprir essa demanda. Os dez principais fabricantes de aerogeradores são desses países (Araújo e Willcox, 2018)

Todos os países que desenvolveram um mercado relevante de energia eólica tiveram sucesso em desenvolver uma indústria local. Esse processo transcorreu com participação do setor público e com a articulação das políticas energéticas a políticas industriais e tecnológicas. A indústria eólica é global com raízes locais e regionais. (Araújo e Willcox, 2018; 215).

Segundo a ABEEólica, além do impacto positivo da geração de empregos no setor eólico, há também o aumento na renda para os proprietários de terra com o arrendamento de suas terras, os quais, depois de instalado os aerogeradores, *em tese*, podem continuar com suas atividades de criação de animais ou plantações. Isso, além das comunidades se beneficiarem com os investimentos no melhoramento das estradas, para transporte dos equipamentos de construção dos parques eólicos. (ABEEólica, s.d)

Como impactos negativos verificamos que durante a instalação dos parques eólicos já é notável a alteração das paisagens com o desmatamento das áreas onde serão instaladas as torres eólicas. Outro fator desfavorável teríamos também os impactos sonoros, que são os ruídos emitido pelas turbinas eólicas, já que são próximas às residências, sejam elas as beneficiárias do pagamento pelo uso do terreno, ou as áreas próximas que sofrem igualmente com o problema. Fato que caracteriza o que foi descrito como externalidade negativa. Esses barulhos são ocasionados tanto na fase de operação quanto na construção dos parques.

Na fase de operação os ruídos têm origem mecânica que se originam pela caixa de engrenagens, multiplicando a rotação das pás para o gerador e origem

aerodinâmica o qual é influenciado pela velocidade do vento incidente sobre a turbina eólica (Terciole, 2002).

Também verificamos impactos na fauna durante a construção e operação dos parques eólicos tornando as aves e morcegos mais vulneráveis à colisão com as turbinas. Estes seriam mais vulneráveis pelo impacto direto com as pás da turbina em rotação ou pela perda do seu habitat. As turbinas podem confundir os animais que procuram empoleirar-se, caçar e acasalar ou atrair esses animais através da acumulação de insetos perto das turbinas devido à luz existente, para se alimentarem aumentando o risco de colisão (Moreira, 2018). Outros elementos constitutivos da externalidade negativa da atividade, além dos descritos abaixo.

Dentre os pontos negativos da construção e operação dos parques eólicos também estão os relatos dos proprietários das terras sobre os problemas enfrentados após a instalação dos aerogeradores. A Webserie “Pra quem sopram os ventos” (NASCIMENTO et al. 2022), mostra os relatos dos proprietários das terras onde foram instalados alguns parques eólicos no Nordeste. Eles relatam os incômodos causados pelos aerogeradores, não só para as pessoas que fazem parte da comunidade, mas também aos animais. Algumas pessoas sentem a necessidade de abandonar as suas propriedades devido aos problemas de saúde adquiridos após a chegada dos aerogeradores, como depressão, ansiedade, insônia, coceiras na pele.

O barulho emitido pelas torres impacta o modo de vida dessas pessoas e prejudica a atividade econômica que eles exercem, como a criação dos animais. Relata-se que tanto os ruídos emitidos pelas torres eólicas, quanto a sombra que a pá das hélices cria, causam alterações no comportamento dos animais, as vacas ficam estressadas comprometendo sua produção de leite, por exemplo. Os desaparecimentos de abelhas e algumas aves é outro fato relatado, pois passam a colidir nas hélices dos aerogeradores. O formato abusivo dos contratos de arrendamento das terras com prazos longos que não respeitam o modo de vida dos camponeses, impacta a agroecologia local.

### 3.1.3 Formas de comercialização

Um dos problemas para o crescimento da participação dessas fontes na matriz de energia são os altos custos tecnológicos, tornando algumas inviáveis economicamente. Para que essas barreiras sejam superadas tornando-as competitivas, são necessários incentivos governamentais e investimento em pesquisa e desenvolvimento.

Todo ano o país precisa contratar mais fontes de energias e distribuidoras, processo feito através dos leilões de energias, iniciativa elaborada a partir de 2012, inicia com preço máximo e vai decrescendo. Resultando em vários investimentos e expansão desse mercado competitivo (RAMPINELLI e JUNIOR, 2012).

A comercialização das fontes de energia, ou seja, a venda é feita através do ambiente de contratação regulado (ACR) pela realização de leilões, com finalidade de contratar novos empreendimentos que atendam às necessidades de mercados das distribuidoras, suprimindo a demanda de eletricidade e diversificando a matriz elétrica nacional (BARBOSA, 2017). Esses leilões foram elaborados para que haja concorrência das empresas e prestem o melhor serviço ao consumidor.

Como as empresas dos parques eólicos não são donos das terras, eles necessitam fazer contratos de arrendamento de longo prazo com os proprietários das terras, que fazem o arrendamento para construção dos parques eólicos e ficam apenas com a pequena parte paga pelos arrendamentos, na geração eólica não há desapropriação de terras, ou seja, os proprietários que arrendam as terras podem seguir com suas atividades, porém com restrições de uso. Mas essas atividades geralmente são afetadas devido as externalidades negativas que as torres eólicas causam não só as atividades, mas também aos indivíduos, além de não se beneficiarem da energia gerada no local de suas terras, ficando apenas os impactos para essa população.

## 3.2 ENERGIA SOLAR

### 3.2.1 *Critérios Econômicos e Ambientais*

Um dos critérios econômicos favoráveis criado pelo Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD) seria a elaboração de linhas de crédito e financiamento de projetos de sistemas de Geração Distribuída Incentivando a indústria de equipamentos para ampliar o desenvolvimento produtivo e tecnológico, afim de motivar investimentos nacionais e internacionais e de tecnologias competitivas para energias renováveis, com isso gerando a formação de novos postos de trabalho para atuar na área de Geração Distribuída. De acordo com o MME (2015) “estima-se a criação de até 30 postos a cada 1 MW instalado” (MME, 2015)

O Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD) criado em 2015 pelo Ministério de Minas e Energia (MME) tem como objetivo estimular e ampliar à geração distribuída, com base em fontes renováveis, a fim de obter benefícios para o meio ambiente Reduzindo emissões de gases do efeito estufa e reduzindo a necessidade de investimentos em fontes tradicionais; para o consumidores com redução da conta de luz e dos custos do insumo energia para indústria e comércio e para o setor elétrico com a geração de emprego e renda contribuindo para a atuação dos agentes vendedores de energia de empreendimentos de geração distribuída, e a redução na perda de energia. Contribuindo assim para a economia financeira do país. (MME, 2015)

Segundo o Portal Solar, como forma de incentivar o desenvolvimento da energia solar foram elaborados incentivos como o Convênio nº 101 do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ) que aplica a concessão da isenção do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) nas operações com diversos equipamentos para o aproveitamento das energias solar e eólica. E incentivos por meio de financiamentos, feito pela Caixa Econômica Federal onde as pessoas físicas podem adquirir os equipamentos de energia fotovoltaica, parcelando em até 240 meses com as taxas de juros do mercado. (Portal solar, s.d)

Os impactos ambientais para a energia gerada por módulos fotovoltaicos aparentemente são mínimos. Não há emissão na produção de energia com estes sistemas, mas na fabricação dos seus módulos fotovoltaicos. Segundo Anselmo

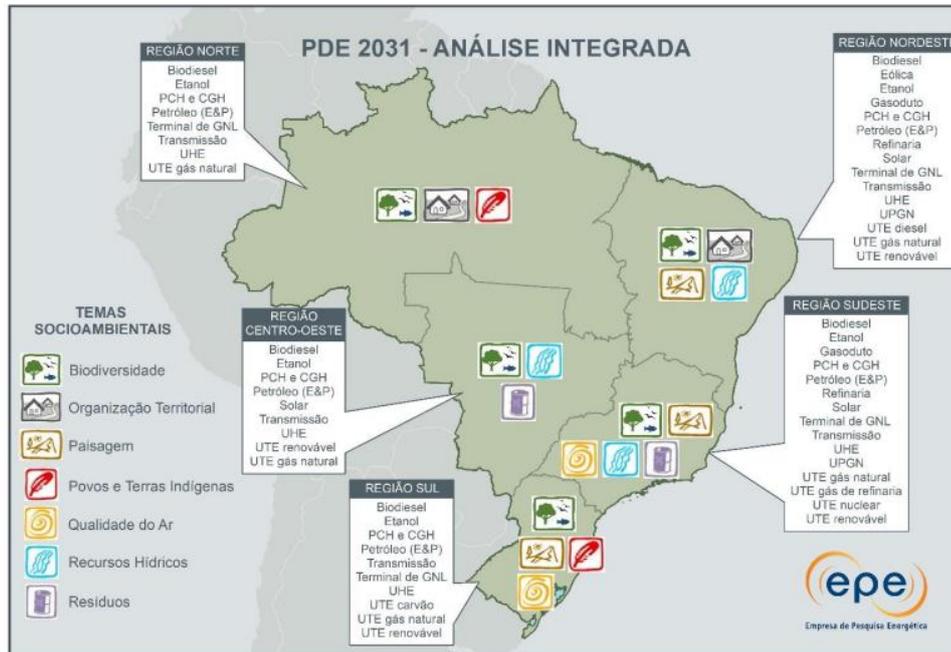
(2019) ao avaliar o ciclo de vida dos painéis fotovoltaicos, que seria desde a extração da matéria-prima até o final da vida útil. Conheceremos os impactos socioambientais que a energia fotovoltaica causa. Onde na fabricação dos módulos fotovoltaicos são necessários a utilização de diversos materiais (água, metais, plásticos, vidro e outros componentes) e energia, produzindo os impactos o quais com a expansão da energia fotovoltaica impactara nas emissões de gases de efeito estufa.

A transição para a energia solar não é diferente, exigindo maiores mudanças no uso da terra, por exemplo: inibindo as atividades agropecuária, impactando em paisagens dentre outras, no beneficiamento do silício a partir da sílica e vários metais a partir de minas, processando em fundições, altos fornos, fábricas de vidro, plantas químicas (com seus efluentes) (ANSELMO, 2019; p. 11).

Como demonstrado na figura 2, temos para a região nordeste todos os tipos de empreendimentos, sendo esta, a região com maior expansão de eólicas e fotovoltaicas.

As interferências nessa região somam os efeitos cumulativos e sinérgicos para os habitats terrestres, quando se referem à biodiversidade, representando as interferências de relevância, como a perda ou transformação de habitats naturais e os impactos ao ecossistema. Com isso, torna-se necessário ter maior atenção por parte das empresas quando forem instalar os empreendimentos, já que a biodiversidade é um fator relevante. Quando se referem à organização territorial, somam-se os possíveis conflitos no uso e ocupação do solo e a forma de interferir no modo de vida das comunidades locais. Já quando se referem à paisagem, torna-se importante pensar sobre a forma como os empreendimentos impactam nas paisagens naturais e urbanas.

**Figura 2 – Mapa síntese da análise socioambiental integrada do PDE 2031**



Fonte: MME/EPE (2022)

### 3.2.2 Impactos Positivos e Negativos

Um dos pontos positivos dos sistemas fotovoltaicos de geração de eletricidade, seria a geração de energia elétrica para comunidades isoladas da rede de energia elétrica. Com isso, houve a elaboração de projetos nacionais de geração fotovoltaica de energia elétrica, para fornecer eletricidade a essas comunidades rurais e/ou isoladas do Norte e Nordeste do Brasil. Boa parte desses sistemas fotovoltaicos foram instalados no âmbito do Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios – PRODEEM, instituído pelo Governo Federal, em dezembro de 1994. Esses projetos contribuíram na execução de bombeamento de água para irrigação ou para abastecimento doméstico, iluminação pública como escolas e postos de saúde. Desde a sua criação, foram destinados US\$ 37,25 milhões para 8.956 projetos e 5.112 kWp (quilowatt-pico) de potência (ANEEL, 2002).

Com a elaboração de políticas públicas de incentivo às energias renováveis, é esperado que haja uma expansão da energia solar fotovoltaica, trazendo um impacto positivo para o número de unidades consumidoras, já que o número de conexões vem crescendo. Caso o consumo da energia gerado através dos painéis

solares seja menor do que foi gerado, o consumidor fica com um crédito a ser abatido para o mês subsequente. Assim o consumidor paga apenas a tarifa básica. Sendo o consumo maior que a geração, o consumidor paga a diferença. Na medida que os custos de instalação são reduzidos e a eficiência dos equipamentos aumenta, contribuem para o crescimento do uso da energia solar nas residências, aumentando a concorrência do mercado, trazendo assim benefícios também para a indústria nacional (IPEA, 2018).

Existem impactos negativos na energia solar que precisamos levar em consideração, pois para ter um empreendimento viável com o aproveitamento da energia solar é necessária uma grande área de painéis solares para a captação de energia, devido à baixa eficiência dos sistemas para a conversão de energia o qual promove o desmatamento com a utilização dessas grandes áreas destruindo habitats (ANEEL, s.d.).

Segundo o Portal Solar, mesmo sendo a fonte de energia com a menor emissão de poluentes, temos impactos que são negativos para o meio ambiente, como a forma de produção e elaboração das placas solares a qual demanda muita energia, sendo equipamentos que requerem diversas etapas e elementos químicos no seu processo de manufatura. Além da forma de descarte dos equipamentos de energia solar. Para que, no final de sua utilização, seja feita um descarte de forma correta, os resíduos precisam ser desfeitos por serem contaminantes, minimizando os impactos ambientais. Além disso, as grandes construções de usinas fotovoltaicas, que possuem um número maior de placas solares, acarretam impactos para ecossistema devido a utilização de grandes hectares de terra para suas instalações. Fato que compromete a vegetação e alimentação que fica escassa para alguns animais daquele habitat (Portal Solar, s.d).

### 3.2.3 Formas de comercialização

Devido ao aumento inflacionário na conta de energia, que passa a ser uns dos itens mais caros para o orçamento doméstico, podemos verificar um crescimento na implementação dos sistemas de geração de energia fotovoltaica.

De acordo com o estudo feito pelo Dieese (Departamento intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos), citado pela ABRACEEL – Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia “o brasileiro chega a gastar mais de 20% do salário-mínimo para pagar a conta de luz” (ABRACEEL, 2020; s.p)

Conforme a tecnologia de fabricação dos painéis solares aumenta, o custo da fabricação desses painéis diminui, tornando os preços desses empreendimentos mais acessíveis. Isso permite que os consumidores estimem que o retorno sobre o investimento passa a ser a longo prazo. De acordo com Sousa (2019), o sistema fotovoltaico passa a ser viável em aproximadamente 5 anos de utilização, atendendo o consumo elétrico durante os primeiros anos de uso. Levando em consideração que a vida útil do sistema chega a aproximadamente 25 anos, torna se um empreendimento viável a longo prazo (SOUSA, 2019).

As tabelas 2 e 3 mostram a média de preços dos sistemas solares de acordo com sua potência, tanto para áreas residenciais, comerciais ou industriais.

**Tabela 2 – Preço da Energia Solar Fotovoltaica Residencial**

TIPOS DE RESIDÊNCIA	SISTEMA	PREÇO
CASA PEQUENA (2 a 3 pessoas)	1,6 Kwp	R\$ 13.500 a R\$ 16.000
CASA MÉDIA (3 A 4 pessoas)	2,2 Kwp	R\$ 15.740 a R\$ 18.600
CASA MÉDIA (4 pessoas)	3,3 Kwp	R\$ 20.500 a R\$ 23.800
CASA GRANDE (4 a 5 pessoas)	4,4 Kwp	R\$ 24.640 a R\$ 30.800
MANSÕES (mais de 5 pessoas)	Até 10 Kwp	R\$ 47.000 a R\$ 55.000

Fonte: Ekko Green, 2022. Elaboração Própria

**Tabela 3 – Preço da Energia Solar Fotovoltaica para comércios e indústrias.**

SISTEMA	PREÇO
100 Kw	R\$ 400.000 – R\$ 490.000
500 kw	R\$ 1,8 Mi - R\$ 2.25 Mi
1MW	R\$ 3,5 Mi – R\$ 4 Mi

Fonte: Ekko Green, 2022. Elaboração Própria

Caso a geração de energia pelo consumidor seja maior que seu consumo, ele fica com um crédito de energia o qual poderá ser usado para abater no consumo dos próximos meses, assim ele pagará somente a tarifa básica de 30 kWh para instalações monofásicas, 50 kWh para bifásicas e 100 kWh para trifásicas. Mas se o consumidor tiver uma geração de energia menor que seu consumo ela irá pagar a diferença entre a energia que consumiu e a energia gerada (Giacomazzi e Pompermayer, 2018).

### 3.3 COMPETITIVIDADE

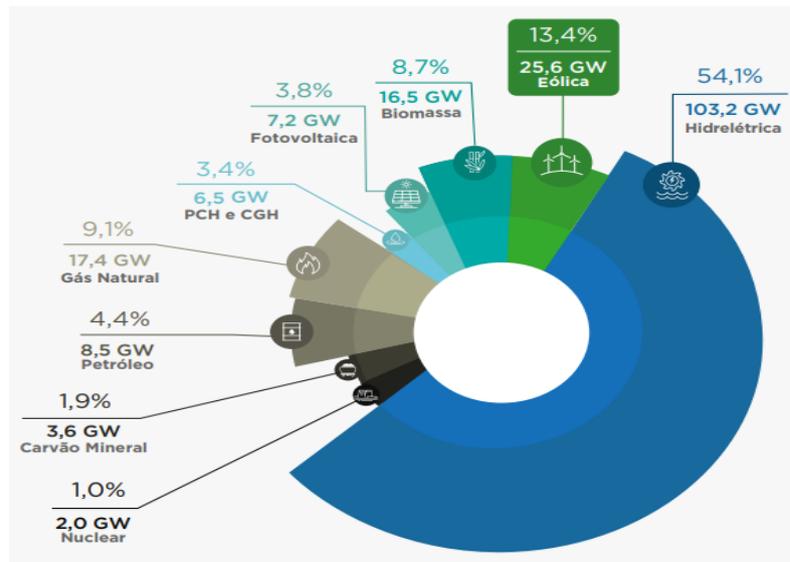
Conforme o Plano Decenal de Expansão de Energia 2023 a fonte que teve maior crescimento no país com participações nos leilões desde 2009 foi a fonte eólica, onde as usinas eólicas atingem preços competitivos em relação a outras fontes, estimulando o desenvolvimento tecnológico com a instalação de indústrias nacionais de equipamentos (PDE, 2023).

Segundo a International Renewable Energy Agency– IRENA a elevação dos preços dos combustíveis fósseis, contribuirá para que as fontes de energias renováveis tenham um menor custo, competindo com as fontes geradoras de combustíveis fósseis. Com isso aumentará a segurança energética, evitando a escassez de abastecimentos e protegendo os consumidores dos possíveis choques nos preços. (IRENA,2023)

Nos últimos 13 a 15 anos, os custos da geração de energia renovável a partir de energia solar e eólica caíram. Entre 2010 e 2022, a energia solar e eólica será competitiva em termos de custos com os combustíveis fósseis, mesmo sem apoio financeiro. O custo médio ponderado global da eletricidade proveniente da energia solar fotovoltaica caiu 89%, para 0,049 dólares/kWh, quase um terço a menos do que o combustível fóssil mais barato do mundo. Para a energia eólica terrestre, a queda foi de 69 por cento, para 0,033 dólares/kWh em 2022, um pouco menos de metade da opção mais barata produzida por combustíveis fósseis em 2022 (IRENA, 2023; s.p).

O gráfico 7 consta todas as fontes de geração de energia elétrica para o ano de 2022, conforme os dados do boletim anual da Abeeolica, mesmo o Brasil sendo favorável a geração hídrica que hoje é a principal fonte energética, sendo responsável por 54,1% de participação na matriz energética da geração nacional de energia. A energia eólica vem se destacando relevante na matriz energética, passando ser a segunda fonte energética com maior capacidade instalada, obtendo uma participação de 13,4% na matriz elétrica brasileira. Mantendo as fontes renováveis com uma participação significativa na matriz energética.

Gráfico 7 – Matriz Energética Brasileira



Fonte: Boletim anual (2022)

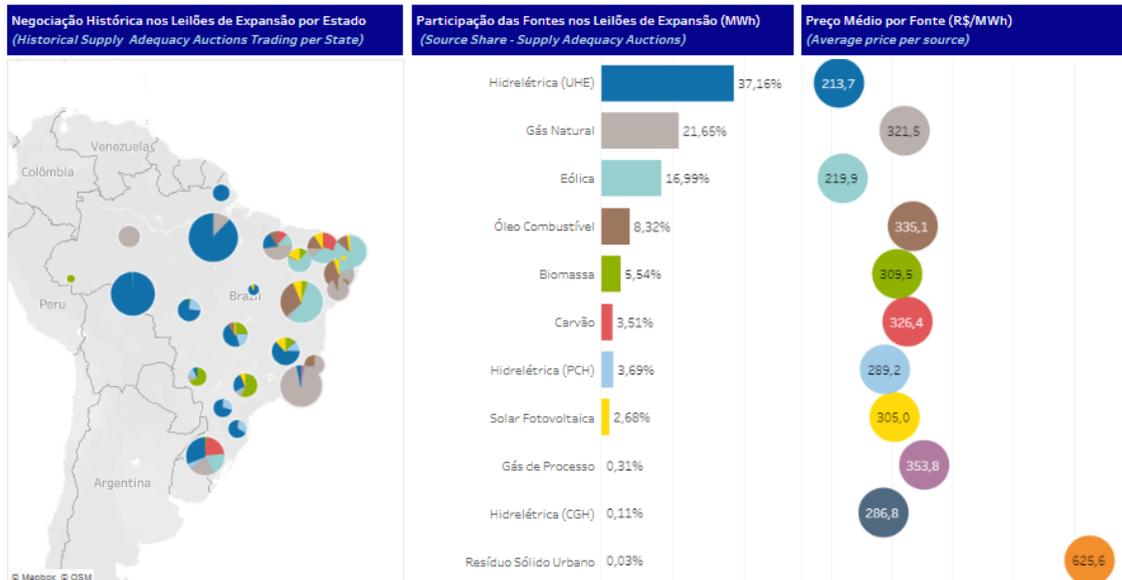
A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE faz a realização das negociações no mercado energético através dos leilões de contratação de energia do ambiente regulado (ACR) sua principal finalidade seria “garantir antecipadamente o atendimento à demanda energética, mediante a assinatura de contratos de longo prazo entre os consumidores (principalmente distribuidoras) e os geradores.” (CCEE, 2023).

Conforme ilustrado na figura 3 onde mostra os dados do boletim mensal publicado em 22 de setembro de 2023, é feita a elaboração do boletim com análise informativa das negociações nos leilões por estado, demonstrando as principais fontes que estão em expansão e com os preços médio, de acordo com a fonte.

As principais fontes renováveis por ordem crescente de expansão em percentual na participação dos leilões foram a hidrelétrica (UHE) com 37,16%, a Eólica com 16,99%, a Biomassa com 5,54%, carvão 3,51%, Hidrelétrica (PCH) 3,69%, Solar fotovoltaica 2,68% e hidrelétrica (CGH) 0,11%. Resultando aproximadamente 70% da contratação nos leilões apenas por fontes renováveis.

Podemos destacar que a energia eólica apresenta maior competitividade em relação a fonte de energia solar devido ao seu preço médio ser menor em relação ao da fonte solar que chegou a alcançar R\$ 305,0 por MWh já a fonte eólica atingiu em média R\$ 219,9 por MWh.

**Figura 3 – Contratação por Fonte Energética**



Fonte: CCEE (2023)

As fontes eólicas e solar fotovoltaica têm se mostrado economicamente competitivas levando em consideração as outras fontes. Mas com padrões tecnológicos diferentes a energia solar possibilita a utilização da fonte em escala domésticas e industriais, já a fonte eólica através das turbinas eólicas necessita que seus empreendimentos possuam investimentos maiores o quais não seriam viáveis em pequena escala.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta desse trabalho foi realizar uma análise dos aspectos comparativos das fontes energéticas consideradas sustentáveis, já que toda forma de exploração de recursos naturais vai ocasionar algum impacto, observando suas externalidades e suas consequências econômicas e ambientais presentes principalmente nas fontes de energia eólica e solar.

É notável que as energias renováveis cresceram atualmente no mundo todo, abrangendo áreas rurais e urbanas. Os parques eólicos e solares são construídos em áreas e territórios as vezes já ocupados, onde as pessoas exercem suas atividades agrícolas, por isso devem ser analisados como todo esse funcionamento irá alterar o modo de vida dessas pessoas.

Portanto, a utilização dessas tecnologias para desenvolver essas novas fontes, que beneficie a sociedade na geração de energia, sejam incluídas práticas de sustentabilidade ambiental priorizando diminuir os efeitos das externalidades negativas para o meio ambiente e para os indivíduos. O quais os efeitos negativos não podem sobressair os positivos.

Podemos verificar também o avanço da competitividade energética através dos leilões de energia, elaborados para que haja concorrências entre as empresas.

Assim as energias renováveis conseguem alcançar preços relativamente mais competitivos que as outras fontes comercializadas, especialmente a fonte eólica, aumentando o desenvolvimento da indústria nacional e conseqüentemente aumentando a geração de empregos e as atividades econômicas do país, devido aos investimentos realizados.

## REFERÊNCIAS

ABEEólica – Associação Brasileira de Energia Eólica. Boletim anual 2022. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2023/06/Boletim-de-Geracao-Eolica-2022.pdf>. Acesso em 03/07/2023

ABEEólica – Associação Brasileira de Energia Eólica. InfoVento 31, 2023. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/energia-eolica/dados-abeeolica/?ano=2023&slug=infovento>. Acesso em 03/07/2023.

ABESOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica: Entenda como funciona a energia solar fotovoltaica. s.d. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/o-que-e-energia-solar-fotovoltaica/>. Acesso em: 30/04/2022.

ABESOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica: Panorama do solar fotovoltaico no Brasil e no mundo – Infográfico N° 56, 2023. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 19/06/2023.

ABINEE- Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica: Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira, 2012. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>. Acesso em 27/04/2022.

ABRACELL – Associação Brasileira dos comercializadores de Energia: Energia elétrica impacta orçamento dos brasileiros, 2020. Disponível em: <https://abraceel.com.br/clipping/2020/01/energia-eletrica-impacta-orcamento-dos-brasileiros/>. Acesso em 20/09/2023

ALVES, Marliana de Oliveira Lage. Energia solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid, 2019. Disponível em: [https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/2019/6/MONOGRRAFIA\\_EnergiaSolarEstudo.pdf](https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/2019/6/MONOGRRAFIA_EnergiaSolarEstudo.pdf). Acesso em 30/04/2022.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Energia Solar. s.d. Disponível em: [https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia\\_Solar\(3\).pdf](https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf). Acesso 13/09/2023

ANSELMO, Antônio Harley. Reciclagem ou destinação final dos painéis fotovoltaicos aplicados em geração de energia ao final do ciclo de vida. Universidade Federal de Minas Gerais. Programa De Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. 2019. [Monografia]. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/35049/1/RECICLAGEM%20OU%20DESTINA%C3%87%C3%83O%20FINAL%20DOS%20PAIN%C3%89IS%20FOTOVOLTAICOS%20APLICADOS%20EM%20GERA%C3%87%C3%83O%20DE%20ENERGIA%20AO%20FINAL%20DO%20CICLO%20DE%20VIDA%20%20Monografia%20ANTONIO%20HARLEY%20ANSELMO\\_Com\\_Ata\\_R0.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/35049/1/RECICLAGEM%20OU%20DESTINA%C3%87%C3%83O%20FINAL%20DOS%20PAIN%C3%89IS%20FOTOVOLTAICOS%20APLICADOS%20EM%20GERA%C3%87%C3%83O%20DE%20ENERGIA%20AO%20FINAL%20DO%20CICLO%20DE%20VIDA%20%20Monografia%20ANTONIO%20HARLEY%20ANSELMO_Com_Ata_R0.pdf). Acesso em 06/09/2023

ARAÚJO, Bruno Platteck de; WILLCOX, Luiz Daniel. Reflexões críticas sobre a experiência brasileira de política industrial no setor eólico. BNDES Setorial, Rio de

Janeiro, n. 47, p. [163] - 220, mar. 2018. Disponível em:  
<http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/15360>. Acesso em 13/07/2023.

BARBOSA, Jeruza Maria Ribeiro. Leilões de Energia Renovável: uma discussão do Ambiente de Comercialização Regulado (ACR) do Setor Elétrico Brasileiro. Disponível em:  
[https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/41615/2/Leil%C3%B5eSdeenergiarenov%C3%A1vel\\_monografia.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/41615/2/Leil%C3%B5eSdeenergiarenov%C3%A1vel_monografia.pdf). Acesso em 23/09/2023

Brasil de Fato: Energia limpa, mas nem tanto: os parques eólicos que abalam vidas em Pernambuco. Disponível em:  
<https://www.brasildefato.com.br/2021/10/19/energia-limpa-mas-nem-tanto-osparqueseolicos-que-abalam-vidas-e-destroem-casas-em-pernambuco>. Acesso em 03/03/2022

CCEE- Câmara de Comercialização de Energia Elétrica: InfoLeilão Dinâmico - 066 - Set/2023. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/pt/web/guest/-/infoleilao-dinamico-066-set-2023>. Acesso em 22/09/2023

CCEE- Câmara de Comercialização de Energia Elétrica: PROINFA. s.d. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/web/guest/mercado/proinfa>. Acesso em 05/05/2022

CEPAL - Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe/Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CEPAL/CGEE). Panorama dos investimentos em inovação em energia no Brasil: dados para um grande impulso energético. Documentos de Projetos (LC/TS. 2020/62; LC/BRS/TS. 2020/4), Santiago, 2020. Disponível em: [https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/45908/S2000343\\_pt.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/45908/S2000343_pt.pdf). Acesso em 04/05/2022

CRESESB – Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito. Tutorial de Energia Solar Fotovoltaica, 2008. Disponível em:  
[http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&cid=tutorial\\_solar](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=tutorial_solar). Acesso em: 30/04/2022.

DANTAS, Stefano Giacomazzi Dantas; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos no Brasil e Possíveis Efeitos no Setor Elétrico. IPEA. Texto para Discussão. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: [https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8400/1/TD\\_2388.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8400/1/TD_2388.pdf). Acesso em 16/09/2023.

DUTRA, R. M. Propostas de Políticas Específicas para Energia Eólica no Brasil após a Primeira Fase do PROINFA. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007. Disponível em:  
[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/tese/200704\\_dutra\\_r\\_m\\_dr.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/tese/200704_dutra_r_m_dr.pdf). Acesso em 19/04/2022

ELETROBRÁS. Programas de Governo - Proinfa. 2017. Disponível em:  
<https://eletrobras.com/pt/Paginas/Programas-de-Governo.aspx>. Acesso em 23/03/2022

ENERGIA BRASIL. 7 incentivos governamentais para quem usa energia solar. Disponível em: <https://portalenergiabrasil.com.br/energia-solar-7-icentivos-no-brasil/>. Acesso em 16/09/2023

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Atlas da Eficiência Energética. Brasil 2022. Relatório de Indicadores. 2022. Ano base 2021. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-741/Atlas\\_Eficiencia\\_Energetica\\_Brasil\\_2022.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-741/Atlas_Eficiencia_Energetica_Brasil_2022.pdf). Acesso em: 19/06/2023

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional. Relatório Síntese 2023: Ano base 2022. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-681/BEN\\_S%C3%ADntese\\_2023\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-681/BEN_S%C3%ADntese_2023_PT.pdf). Acesso em: 22/03/2022.

FERRAZ, Gabriel. Entenda o que são externalidades. 2021. Disponível em: <https://economiamainstream.com.br/artigo/entenda-o-que-sao-externalidades/>. Acesso em 25/09/2023.

GALDINO, M. A.; LIMA, J. H.; RIBEIRO, C. M.; SERRA, E. T. O contexto das energias renováveis no Brasil. Revista da DIRENG, p. 17-25, Cepel, 2000. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Direng.pdf>. Acesso em 25/04/2022.

GREENPEACE. Hidrelétricas na Amazônia: um mau negócio para o Brasil e para o mundo. Disponível em: [https://www.greenpeace.org/static/planet4-brasil-stateless/2018/07/relatorio\\_hidreletricas\\_na\\_amazonia.pdf](https://www.greenpeace.org/static/planet4-brasil-stateless/2018/07/relatorio_hidreletricas_na_amazonia.pdf). Acesso em 24/09/2023.

IRENA - International Renewable Energy Agency: Competitividade das Energias Renováveis Acelerada, Apesar da Inflação de Custos. Disponível em: <https://www.irena.org/News/pressreleases/2023/Aug/Renewables-Competitiveness-Accelerates-Despite-Cost-Inflation-PT>. Acesso em 23/09/2023

MARINHO et al., 2021. ((o)) eco: O vento levará nossa biodiversidade? Parques eólicos ameaçam áreas prioritárias para a conservação da Caatinga no Rio Grande do Norte. 01/09/2021. Disponível em: <https://oeco.org.br/analises/o-vento-levara-nossa-q/>. Acesso em 27/02/2022.

Ministério de Minas e Energia: Brasil sobe para a sexta posição em ranking internacional de energia eólica. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/brasil-sobe-para-a-sexta-posicao-em-ranking-internacional-de-energia-eolica>. Acesso em 07/10/2023

MOREIRA, M. Parques eólicos: o vilão das aves e morcegos, Rev. Ciência Elem., V7 (3): 057, 2019. DOI <http://doi.org/10.24927/rce2019.057>.

NASCIMENTO, Isabel et al. WEBSÉRIE Para Quem Sopram os Ventos? Youtube, 2022. Disponível em: <https://youtu.be/MCBvGGDS7zs>. Acesso em 02/03/2022.

OLIVEIRA, Gesner et al. 2021. Impactos Socioeconômicos E Ambientais Da Geração De Energia Eólica No Brasil. Disponível em: <https://epbr.com.br/wp->

[content/uploads/2021/02/ABEEolica\\_GO-Associados-V.-Final.pdf](#). Acesso em 25/09/2023

PIVA, Barcelos Rodrigo. Economia ambiental sustentável: os combustíveis fósseis e as alternativas energéticas. UFRGS: Porto Alegre, 2010 [TCC]. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/26107>. Acesso em: 23/03/2022.

PORTAL DO AGRONEGÓCIO. Produção de energia eólica garante renda e investimentos nas comunidades rurais do RN. 2019. Disponível em: <https://www.portaldoagronegocio.com.br/energias-renovaveis/outros/noticias/producao-de-energia-eolica-garante-renda-e-investimentos-nas-comunidades-rurais-do-rn-187338>. Acesso em 03/03/2022.

PORTAL SOLAR: Impactos Ambientais da Energia Solar. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-fotovoltaica-impactos-ambientais>. Acesso em 15/09/2023.

ProGD: Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica. Ações de estímulo à geração distribuída, com base em fontes renováveis. Brasília, 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/arquivos/15-12-2015-apresentacao-progd.pdf>. Acesso 15/09/2023.

QUANTUM ENGENHARIA. História da Energia Solar Fotovoltaica: Como a evolução tecnológica vem ampliando o acesso à essa fonte sustentável de energia. 09/09/2020. Disponível em: <https://www.quantumengenharia.net.br/historia-da-energia-solar-fotovoltaica/>. Acesso em 30/04/2022

RAMPINELLI, Giuliano Arns; JUNIOR, Celso Generoso da rosa. Análise da Geração Eólica na Matriz Brasileira de Energia Elétrica. Revista Ciências Exatas e Naturais [online]. 2012, V.14, n. 2, pp. 273-302. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/view/2298/2138>. Acesso em 23/03/2022

SIMAS, M; PACCA, S. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. Estud av [Internet]. 2013; 27 (77): 99 – 116. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142013000100008>.

SOBREIRA, Vinícius. Energia limpa, mas nem tanto: os parques eólicos que abalam vidas em Pernambuco. Brasil de Fato. Edição: Vanessa Gonzaga, 2021. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2021/10/19/energia-limpa-mas-nem-tanto-osparqueseolicos-que-abalam-vidas-e-destroem-casas-em-pernambuco>. Acesso em 03/03/2022.

SOUSA, Wanderson de Freitas. Estudo econômico de painéis solares em residencial multifamiliar no município de Barra do Garças - MT. 2019. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Mato Grosso, Campus Universitário do Araguaia, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Barra do Garças, 2019. Disponível em: <http://bdm.ufmt.br/handle/1/1729>. Acesso em 19/09/2023

TERCIOTE, Ricardo. A Energia Eólica e o Meio Ambiente. Unicamp. Faculdade de Engenharia Mecânica – Departamento de Energia. s.d. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n4v1/002.pdf>. Acesso em: 24 de setembro de 2023.