UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VERA VIVIANE SCHMIDT ABOMORAD

TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NA ERA DIGITAL: DA VIABILIZAÇÃO DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA AO AVANÇO DO CIDADÃO-PROSUMER

CURITIBA

2024

VERA VIVIANE SCHMIDT ABOMORAD

TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NA ERA DIGITAL: DA VIABILIZAÇÃO DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA AO AVANÇO DO CIDADÃO-PROSUMER

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão do curso MBA em Gestão Estratégica em Energias Naturais Renováveis, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Profª Drª Juliana Almansa Malagoli

CURITIBA

2024

Transição energética na era digital: da viabilização da geração distribuída ao avanço do cidadão-*prosumer*

RESUMO

O artigo aborda a integração das transições energética e digital, enfatizando o papel das tecnologias digitais de *smart grid* como meio de viabilizar e integrar, de forma eficiente, a geração de energia renovável distribuída. Ainda, a análise destaca a relevância de políticas públicas de indução da transição energética, via estímulos à geração distribuída e a perspectiva do cidadão-prosumer, que assume o papel de consumidor e coprodutor de energia. A transição energética é apresentada como um processo tanto técnico quanto social, considerando os impactos socioeconômicos e ambientais. Considerando relatórios oficiais e a bibliografia especializada, o estudo examina de que forma, no novo ambiente digital, as políticas públicas têm permitido e mesmo impulsionado a expansão da geração descentralizada de energia renovável, garantindo a possibilidade de maior participação do cidadão na democratização do acesso à energia limpa. O estudo possibilita a compreensão de que as políticas regulatórias e de incentivos contribuíram de forma significativa para o atual cenário da transição energética brasileira, que conta com significativa participação de cidadãos que produzem e consomem sua própria energia, gerada quase que exclusivamente de fontes renováveis.

Palavras-chave: Transição energética; Transição digital; Mudanças climáticas; Cidadão-*prosumer*.

ABSTRACT

The article addresses the integration of energy and digital transitions, emphasizing the role of smart grid digital technologies as a means to enable and efficiently integrate distributed renewable energy generation. Furthermore, the analysis highlights the relevance of public policies promoting the energy transition, through incentives for distributed generation and the perspective of the prosumer citizen, who assumes the role of both consumer and co-producer of energy. The energy transition is presented as both a technical and social process, taking into account socioeconomic and environmental impacts. Based on official reports and specialized literature, the study examines how, in the new digital environment, public policies have facilitated and even driven the expansion of decentralized renewable energy generation, ensuring greater citizen participation in the democratization of access to clean energy. The study allows for the understanding that regulatory and incentive policies have significantly contributed to the current state of Brazil's energy transition, which has considerable participation from citizens who produce and consume their own energy, generated almost exclusively from renewable sources.

Keywords: Energy transition; Digital transition; Climate change; Citizen-prosumer.

1 INTRODUÇÃO

A transição energética para fontes renováveis e limpas é uma questão central na agenda global, dada sua importância na mitigação das mudanças climáticas e na garantia da segurança energética (Stern, 2015; Brannstrom, 2020; IEA, 2020; IRENA, 2023). Contudo, essa transição vai além da mudança tecnológica, abrindo caminhos para um processo de transformação social (Werner & Lazaro, 2023). As mudanças na matriz energética e nos sistemas tecnológicos de geração, distribuição e consumo estão intrinsecamente ligadas a transformações sociais, econômicas e políticas, as quais moldam e são impactadas por essas mudanças. Nesse contexto, o conceito de "Transição Energética via Transição Digital" surge como um novo paradigma para o desenvolvimento local sustentável, viabilizando tecnicamente uma matriz energética mais descentralizada e diversificada, baseada em fontes renováveis.

A evolução tecnológica tem proporcionado maior eficiência na geração, distribuição e consumo de energia (Amin & Wollenberg, 2005; Amin, 2011; IEA, 2020), além de facilitar a inclusão de diversas fontes renováveis no sistema elétrico tradicional (Santana & Silva, 2021; Pochet, 2021; 2022; Pereira, 2022; REN21, 2023). Ao mesmo tempo, a transição digital oferece ferramentas para otimizar o uso de recursos, aumentar a eficiência energética e promover a inclusão social (UN-Habitat, 2020). Esta evolução permite que a transição energética seja conduzida, pelo menos em parte, por modelos de geração distribuída e descentralizada, com menor impacto social e ambiental (European Commission, 2006; Farhangi, 2010; Porto et al., 2013; Nunes et al., 2019; Carvalhais & Pinto, 2023; IRENA, 2023). Aliado a esta "*possibilidade*", a "*intencionalidade*" aplicada através de políticas públicas pode culminar em cenários otimistas para a produção de novas energias de forma sustentável tanto ambientalmente como economicamente, por cidadãos e pequenos empresários.

Assim, a relação simbiótica entre a transição energética e a digital não apenas possibilita a substituição de fontes mais poluentes por alternativas mais limpas, mas também permite a descentralização da produção de energia. Este cenário associado à um ambiente regulatório e de políticas públicas favoráveis, pode vir a estimular a participação crescente de cidadãos que agem como *prosumers* – consumidores que também produzem sua própria energia e contribuem para a rede de distribuição,

influenciando decisões do mercado e do estado (Toffler, 1980; Amin & Wollenberg, 2005; European Commission, 2006; Carvalho & Cooper, 2011; European Trade Union Institute, 2017; Carvalhais, 2023).

O Brasil se destaca neste cenário, pois possui uma matriz energética majoritariamente renovável, um sistema elétrico nacional integrado e políticas regulatórias e de incentivo à transição energética que tem viabilizado o estabelecimento e crescimento de diversas formas de geração distribuída.

Assim, considerando a análise da literatura especializada, do marco regulatório brasileiro e de relatórios oficiais das agências e empresas de energia nacionais e internacionais, este trabalho aborda a transição energética via transição digital e as políticas que permitiram e mesmo estimularam a geração distribuída e o surgimento do cidadão-*prosumer* no Brasil. E, estas decisões tomadas pelo país tem levado o Brasil a um cenário menos poluente quando comparado à média mundial.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 TRANSIÇÃO ENERGÉTICA VIA TRANSIÇÃO DIGITAL

A transição energética é um dos principais assuntos da agenda climática internacional, e a produção da energia elétrica a partir de fontes renováveis está no centro deste debate. E, é a tecnologia aplicada a este sistema que garante sua estabilidade e eficiência, ao mesmo tempo que viabiliza o ingresso de novas fontes renováveis de energia e suas variabilidades, sejam elas produzidas de forma concentrada ou distribuída, possibilitando a transição energética, via transição digital:

> *In a smart grid system, renewable energy resources such as wind, solar, and power storage units are integrated into the grid system. These new power generation technologies, which may be smaller, more widely distributed, and more ecologically friendly, could preserve grid resilience and disperse overload centers* (GOUDARZI & XIANG, 2021 *apud* GOUDARZI et al. 2022, p. 01).

O Quadro 01 apresenta as principais vantagens de um sistema inteligente frente aos modelos tradicionais de gestão elétrica.

QUADRO 1 - VANTAGENS DE UM SISTEMA ELÉTRICO DO TIPO *SMART GRID* FRENTE AO SISTEMA TRADICIONAL

Features	Traditional Grid	Smart Grid
Communication	One-way communication	Two-way communication with interaction
Power generation	Centralized	Distributed generation, provides support during peak hours when load demand increases
Topology	Radial	Different network topology
Operation and maintenance	Manual monitoring, periodic equipment maintenance	Real-time monitoring, prognostic, and event-driven maintenance
Power restoration	Manual equipment checks and time-based maintenance	Self-healing; smart grid can anticipate, identify, and respond to faults and outages
Reliability	Prone to failure and cascading outages	Pro-active, real-time, and islanding
Metering	Electro-mechanical	Advanced metering arrangement that drives the facility to track and regulate energy consumption
Customer participation	Limited interaction or none	Extensive interaction
Power quality control	Less use of sensors and less power quality	Contains numerous modules, for example, sensors, smart meters, and technologies on the distribution grid that aid in managing the parameters, such as voltage and power factor, to improve the power quality
Renewable power source integration	Optimized for non-renewable resources	Offers essential insights and enables automation for renewable power resources to supply electricity to grids while their management is being optimized
Operational cost and wastage at peak hour	High at peak hours	Low at peak hour due to distributed generation and control over the power consumption

FONTE: GOUDARZI, et al. 2022. p. 02.

Baseando-se no quadro das revoluções tecnológicas, Knell (2024) demonstra que a convergência das revoluções tecnológicas e da transição verde, exemplificada pela digitalização do setor energético e pela ascensão das fontes de energia renováveis, constroem um ambiente propício aos sistemas energéticos sustentáveis e resilientes. Para o autor, e cada qual em sua época, recursos energéticos abundantes e acessíveis associado a demandas produtivas tiveram papel primordial no desencademanto das revoluções tecnológicas ao longo da história. Desta forma,

> *In this co-evolutionary process, digitalization allows consumers to take an active role in energy management and promotes a democratic approach to sustainable energy choices. This interaction promises a new energy paradigm where diverse energy networks coexist harmoniously with the ongoing digital revolution, ensuring environmental sustainability and energy security in the modern era* (KNELL, 2024, p.02).

Mais adiante, no mesmo trabalho, o autor afirma que:

> *Both transitions share a fundamental goal: the green transition mitigates environmental impacts and embraces sustainable practices, while the digital transition prioritizes efficiency and resource conservation. Digital technologies drive green solutions, boost renewable energy use, and reshape industries, policies, and societies, contributing to a sustainable and technologically advanced future.* (KNELL, 2024, p.10)

Devido a sua matriz elétrica de base majoritariamente renovável, e a seu sistema elétrico integrado – Sistema Interligado Nacional (SIN), o Brasil ganha destaque na agenda internacional da transição energética na era digital. O setor elétrico brasileiro é integrado para praticamente todo o país, sendo organizado em quatro componentes: geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, viabilizando a produção e o consumo de energia por empresas e indivíduos, cobrindo em 2024, 99% da população (Eletrobras, 2024).

Segundo o Plano Nacional de Energia (PNE) de 2050, da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a transição energética brasileira poderá caminhar para uma matriz cada vez mais renovável se o país conseguir conduzir políticas para, dentre outros fatores, evoluir ainda mais na digitalização na produção e do uso da energia:

> A crescente digitalização na produção e uso de energia possibilitará novas oportunidades em termos de novos negócios, estrutura tarifária e de preços mais eficiente e o gerenciamento mais adequado dos diversos perfis de consumos (MME, PNE-50, p. 56).

2.2 POLÍTICAS REGULATÓRIAS E DE INDUÇÃO À TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

As políticas públicas e de regulação desempenham um papel fundamental na indução da transição energética, e os governos de todo o mundo são convocados a investirem localmente na busca de soluções para conter as mudanças climáticas (Bridge et al., 2013; UNFCCC, 2015; Aquila et al., 2017; Carvalho, 2020; Daszkiewicz, 2020; Oliveira & Carneiro, 2020; O'Sullivan et al., 2020; Lazaro et al., 2022; Werner & Lazaro, 2023), pois, embora a economia e o mercado tenham um papel importante nesta transição, o papel do poder público e dos *policymakers* é central (Daszkiewicz, 2020).

As Nações Unidas (UN, 2023) consideram que, embora existam avanços consideráveis, estes não estão ocorrendo na velocidade necessária ao atendimento das metas pactuadas no acordo de Paris, firmado em 2015, sendo necessário, mundialmente, maiores investimentos no setor. A democratização da energia limpa ao redor do mundo enfrenta diversos desafios, de ordem econômica e não econômica (IEA 2011), dentre os quais as barreiras de incerteza política e regulatória, institucionais, ambientais ou de aceitação pública dentre outras. Essas barreiras

podem retardar ou mesmo inviabilizar o acesso às novas fontes de energia renovável (Pagel et al., 2018). Outro ponto que pode retardar a transição energética é a priorização de interesses concentrados de grandes empresas nacionais ou internacionais em detrimento de investimentos em geração e distribuição mais democráticos, inclusivos e descentralizados (Burningham et al., 2014; Graf & Sonnberger, 2020; Werner & Lazaro, 2023).

No cenário internacional, o Brasil tem se destacado na implementação de políticas voltadas à energia renovável, sendo um dos principais países em termos de capacidade instalada de energia hidrelétrica e biomassa, e com grande crescimento em energia solar e eólica. Os Relatórios da Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA) indicam que o Brasil está entre os cinco maiores mercados de energia renovável do mundo, com um potencial significativo para continuar expandindo a GD (IRENA, 2020). O compromisso do Brasil com os acordos climáticos internacionais, como o Acordo de Paris, reforça a importância de políticas públicas que incentivem a geração distribuída como parte de uma estratégia mais ampla de descarbonização da economia.

No Brasil, a evolução normativa e regulatória da geração distribuída e dos incentivos às fontes renováveis tem sido marcada por avanços significativos, que colocam o país como uma referência mundial em transição energética. Nos últimos anos, o arcabouço legal brasileiro passou por uma série de transformações, impulsionado pela crescente necessidade de diversificar a matriz energética e mitigar os impactos das mudanças climáticas. A parcela importante desta transição advém da geração distribuída. Esse modelo foi formalmente regulamentado no Brasil a partir da Resolução Normativa nº 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que estabeleceu o marco inicial para a compensação de energia elétrica, criando um incentivo claro para a micro e minigeração. A Resolução permitiu que consumidores instalassem sistemas de geração própria, conectados à rede elétrica. Essa regulamentação foi importante para viabilizar economicamente o novo modelo, estimulando a adoção de fontes renováveis, como solar, eólica e biomassa.

Em 2015, a ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 687/2015, que revisou e atualizou as regras da geração distribuída, trazendo a possibilidade de instalação de sistemas em condomínios e a criação do conceito de geração compartilhada. Isso

permitiu que grupos de pessoas, empresas ou cooperativas se organizassem para investir conjuntamente em sistemas de geração de energia, promovendo o acesso à energia limpa. Além disso, foram introduzidas melhorias no processo de conexão à rede, tornando-o mais ágil e menos burocrático, o que impulsionou o crescimento do número de sistemas de geração distribuída no Brasil.

A política nacional de incentivo às fontes renováveis se consolidou com o advento de legislações complementares, como o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE). O PDE 2029, por exemplo, projeta que a capacidade instalada de energia solar fotovoltaica no Brasil pode crescer até cinco vezes entre 2020 e 2029. Esse planejamento reforça a importância da GD como parte estratégica na transição energética brasileira. O Ministério de Minas e Energia (MME), em conjunto com a ANEEL e outros órgãos, tem trabalhado para integrar a GD com os demais sistemas de geração centralizada, visando uma matriz cada vez mais diversificada e resiliente.

Outro avanço significativo no arcabouço legal foi a Lei nº 14.300/2022, conhecida como o Marco Legal da Geração Distribuída. Essa lei estabelece um novo regime de compensação de energia elétrica, ajustando as condições para novos sistemas de geração distribuída conectados a partir de 2023. A legislação prevê uma transição gradual para a aplicação de encargos e custos de uso da rede sobre a energia injetada na rede pelos *prosumers*. Com isso, o objetivo é equilibrar os benefícios da GD com a necessidade de sustentabilidade econômica para as distribuidoras de energia, evitando subsídios cruzados que onerariam os consumidores que não participam do sistema de geração própria.

A Lei nº 14.300/2022 também estabelece a criação do Programa de Energia Renovável Social (PERS), voltado para o desenvolvimento de projetos de geração distribuída em áreas de vulnerabilidade social. Essa medida visa garantir que os benefícios da transição energética sejam acessíveis a toda a população, promovendo a inclusão energética e o combate à pobreza energética. O PERS incentiva o uso de energias renováveis em comunidades de baixa renda, buscando integrar a transição energética com políticas de justiça social.

A expansão da geração distribuída no Brasil também foi beneficiada por políticas de financiamento e incentivos fiscais. O Banco Nacional de Desenvolvimento

Econômico e Social (BNDES), por exemplo, criou linhas de crédito específicas para a instalação de sistemas de energia solar fotovoltaica, facilitando o acesso de consumidores residenciais e comerciais às tecnologias de geração renovável. Além disso, alguns estados brasileiros, como São Paulo e Minas Gerais, concedem isenção de ICMS sobre a energia gerada e consumida via GD, incentivando ainda mais a adoção desse modelo.

2.3 A ASCENSÃO DO CIDADÃO-*PROSUMER*

Prossumer é um neologismo inglês criado a partir da junção das palavras *producer* e *consumer*, difundida nas mídias sociais desde a década de 1980. Atualmente, a palavra volta à cena, mas em um novo contexto, o da transição energética:

> *Smart grids enable bidirectional energy flows, allowing individuals to be both consumers and producers of electricity. Through the integration of distributed energy resources like rooftop solar panels and home energy storage systems, consumers can feed surplus energy back into the grid, thereby reducing dependence on centralized fossil fuel-based power plants*. (KNELL, 2024, p.16).

Segundo o PNE 2050, os diversos avanços tecnológicos do setor têm produzido importante alteração no papel dos consumidores de energia. Os fatores como a viabilidade da geração distribuída; maior consciência ambiental; digitalização do setor, e a evolução do ambiente regulatório, influenciam a mudança de comportamento do consumidor, possibilitando o surgimento de novos modelos de negócio no setor energético:

> Em energia, o avanço da geração distribuída e dos chamados prossumidores impulsionou inciativas de mercados de compartilhamento de energia (*peer-to-peer energy trading*). Internacionalmente, já existem algumas plataformas online onde a energia é negociada entre prossumidores e consumidores. Esse modelo tem potencial de otimizar o uso do ativo de geração, aumentar a resiliência e a segurança energética (combinados com o desenvolvimento de *microgrids*) e reduzir os gastos com energia dos consumidores de eletricidade. Também contribui para reduzir custos de energia do sistema como um todo ao aumentar a oferta de eletricidade e/ou reduzir a demanda na rede. Além disso, como a geração de energia pelos prossumidores tem, em geral, origem em fontes renováveis como solar e eólica, tem o potencial adicional de promover a expansão deste tipo de fonte. (PNE 2050, p. 55).

O *prosumer* consolida-se como uma figura central na modernização do setor elétrico, representando uma mudança na dinâmica tradicional de geração e consumo, em que a produção era concentrada em grandes usinas e distribuída por redes centralizadas (Schot et al., 2018). Este movimento está diretamente ligado a políticas públicas que incentivam o uso de tecnologias limpas e à necessidade de atender às metas climáticas globais estabelecidas em acordos internacionais, como o Acordo de Paris (2015). Os dados internacionais mostram um aumento significativo na adoção de sistemas de geração distribuída, especialmente entre *prosumers*. Além disso, os relatórios da Agência Internacional de Energia (IEA, 2021) indicam que a capacidade de geração distribuída dobrou na última década, com uma participação crescente de consumidores residenciais e comerciais.

Em um contexto internacional, a Europa tem se destacado pela criação de políticas robustas para incentivar o crescimento do prosumer. O pacote legislativo "Energia Limpa para Todos os Europeus" da União Europeia, aprovado em 2019, estabelece que os Estados-membros devem garantir o direito dos cidadãos de gerar, consumir, armazenar e vender sua própria energia renovável, fortalecendo o papel do prosumer como ator-chave na transição energética. A Alemanha, em particular, é um dos países que mais avançou nessa área, com cerca de 1,6 milhão de sistemas de geração distribuída instalados, dos quais a maioria são sistemas residenciais de energia solar (European Commission, 2019; Fraunhofer ISE, 2022).

De acordo com dados do relatório da IRENA (2020) os custos da energia solar fotovoltaica caíram em mais de 80% na última década, o que viabilizou a adoção por consumidores residenciais e pequenos negócios. Ainda segundo a instituição, o Brasil é um dos países líderes na adoção de tecnologias de geração solar distribuída, com um crescimento anual de 50% desde 2015. Além disso, políticas como o Marco Legal da Geração Distribuída (Lei nº 14.300/2022) contribuem para uma regulação mais clara e estável, que garante previsibilidade para investidores e cidadãos interessados em se tornarem *prosumers*. O País também vem enfrentando desafios para a integração de grandes volumes de geração distribuída nas redes elétricas tradicionais, que podem gerar problemas de estabilidade e gerenciamento, investindo em *smart grids,* que permitem a gestão eficiente do fluxo bidirecional de energia (IEA, 2021; ANEEL, 2022).

Os impactos socioeconômicos da figura do *prosumer* também são consideráveis. Os estudos da Organização das Nações Unidas (ONU, 2021) indicam que o acesso descentralizado à energia renovável pode promover o desenvolvimento econômico local, principalmente em áreas rurais e periféricas, onde o acesso à rede elétrica tradicional é limitado. Nesse sentido, o *prosumer* não só ajuda a diversificar a matriz energética, mas também desempenha um papel no desenvolvimento social e de direito de acesso à anergia limpa, como previso na meta sete dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ONU, Agenda 20230), além de permitir que os recursos antes destinados ao pagamento de energia elétrica possam ser redirecionados a outras necessidades familiares.

Desta forma, a digitalização no setor elétrico permite, dentre outros fatores, o maior engajamento do consumidor no controle do consumo, na relação com as provedoras de energia, e a assumpção do papel de produtor para autoconsumo. Esta viabilidade tecnológica associada a evolução do marco regulatório e dos incentivos fiscais ou por meio de políticas públicas diversas tem levado ao crescimento do papel do produtor de energia para autoconsumo, mas não apenas no sentido econômico, mas também político e social.

O **cidadão-*prosumer*** é assim, o cidadão que, consciente de seu papel, político, econômico e ambiental passa a fazer parte da produção e consumo de energias de fontes majoritariamente renováveis. E, a partir desta perspectiva sustentável, o **cidadão-*prosumer*** atua tanto na demanda por novas políticas de incentivo à produção de novas energias, como age diretamente na redução do consumo, na produção direta de sua própria energia, e na alimentação da rede inteligente com o excedente de sua produção distribuída.

Contudo, a participação dos *prosumers* na matriz energética ainda enfrenta barreiras, dentre as quais o custo inicial de financiamento de sistemas geradores pode ser proibitivo para muitos (BloombergNEF, 2022). No Brasil, iniciativas como o Programa de Financiamento de Energias Renováveis do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), políticas estaduais[1] e mesmo

[1] Como o RENOVA-PR, disponível em https://www.agricultura.pr.gov.br/Pagina/Parana-Energia-Rural-Renovavel, acesso em 09 de setembro de 2024.

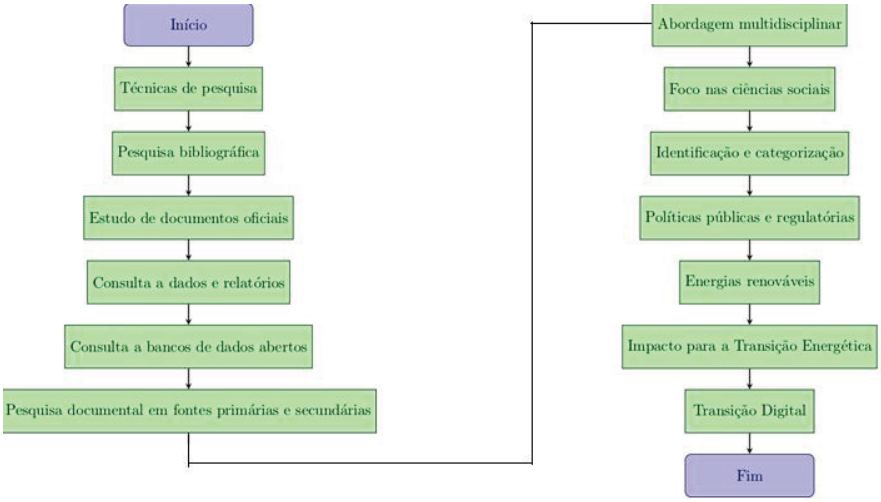
municipais[2] têm buscado viabilizar o acesso à geração distribuída, mas ainda há espaço para o aprimoramento das políticas públicas de incentivo para a produção descentralizada de energia para o autoconsumo.

Além do financiamento, há uma demanda crescente por campanhas educativas que informem os consumidores sobre as vantagens e os desafios da adoção do modelo *prosumer*. De acordo com a IRENA (2021), a falta de conhecimento sobre as opções de geração distribuída e sobre os benefícios de longo prazo ainda é uma das principais barreiras para a adesão em larga escala. As campanhas de conscientização sobre eficiência energética e sobre os incentivos disponíveis são fundamentais para que o cidadão comum entenda como se tornar um *prosumer* pode ser vantajoso não apenas para sua economia doméstica, mas também para o meio ambiente.

3 METODOLOGIA

As técnicas de pesquisas utilizadas são a pesquisa bibliográfica da literatura especializada bem como o estudo de documentos oficiais, dados e relatórios disponibilizados pelos órgãos nacionais responsáveis pela gestão do setor elétrico no Brasil, por meio da consulta a bancos de dados abertos, além de pesquisa documental em fontes primárias e secundárias (FIGURA 1).

FIGURA 1 – FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DO TRABALHO.



[2] Como as implementadas nos municípios de Santa Helena (LEI Nº 3.111/2023) e Itaipulândia (Lei Municipal nº 1.990/2022), ambas no Paraná, que concedem apoio público para a instalação de sistemas fotovoltaicos a seus residentes.

O estudo utiliza uma abordagem multidisciplinar com foco nas áreas de conhecimento das ciências sociais. Assim, a investigação foca-se inicialmente na identificação e categorização das políticas públicas e regulatórias aplicáveis às energias renováveis (Camillo, 2013; REN21, 2016; Santos, 2017; Daszkiewicz, 2020), e seu impacto para a Transição Energética via Transição Digital.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta dados estatísticos sobre a evolução da produção de energia elétrica no Brasil e no mundo, destacando o crescimento da parcela das fontes renováveis na transição energética e o aumento do papel da geração distribuída. A TABELA 01 compara a evolução anual da geração elétrica nos dez países maiores produtores mundiais de energia renovável, localizando o Brasil em terceiro lugar na produção de terawatts-hora (TWH).

TABELA 1 – GERAÇÃO RENOVÁVEL NO MUNDO – 10 MAIORES EM 2022 (TWH)

	2015	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**
Mundo	**5.489**	**5.873**	**6.225**	**6.643**	**6.976**	**7.460**	**7.865**	**8.512**
China	1.386	1.509	1.647	1.820	1.999	2.186	2.370	2.703
Estados Unidos	567	635	717	743	772	832	871	967
Brasil	430	466	465	495	515	522	507	593
Canadá	417	428	437	430	423	431	431	446
Índia	190	213	236	268	303	310	336	375
Alemanha	192	193	219	224	241	252	235	255
Japão	151	162	180	186	196	208	219	229
Rússia	171	187	188	194	199	219	224	228
Reino Unido	87	87	102	114	124	140	128	143
Noruega	139	145	145	142	129	152	156	143
Outros	1.759	1.849	1.889	2.027	2.074	2.207	2.388	2.430

FONTE: Balanço Energético Nacional 2024 (EPE).

Os dados Empresa de Pesquisa Energética (EPE) de 2024[3] apontam que o Brasil possui hoje 226 GW de capacidade instalada, sendo estes distribuídos a 48,6% para fonte de energia hidrelétrica, 20% para termoelétricas, 16,7% para energia solar, 12,7% para energia eólica, 1,1% de outras fontes e 0,9% advinda de energia nuclear.

[3] Disponível em _https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/anuario-factsheet-2024.pdf Acesso em 12/08/2024.

Já para a geração elétrica, usinas hidrelétricas geraram em 2023 a maior parte da energia disponível no país, respondendo por 60,02%, seguida pelas usinas eólica (13,5%), biomassa (7,6%), fotovoltaicas (7,2%), gás natural (5,4%); nuclear (2%) carvão e derivados de petróleo (3,1%) e outras (2%), é possível observar na Tabela 02, que também traz a evolução histórica da participação das diferentes fontes de energia no país.

TABELA 2 - GERAÇÃO ELÉTRICA POR FONTE NO BRASIL (GWH)

	2015	**2017**	**2019**	**2021**	**2023**	**Part. % (2023)**
Total	**581.486**	**587.962**	**626.324**	**656.109**	**708.119**	**100,0**
Hidráulica	359.743	370.906	397.877	362.818	425.996	60,2
Gás Natural	79.503	65.591	60.188	86.861	38.589	5,4
Derivados de Petróleo	25.708	12.911	7.846	18.244	6.041	0,9
Carvão	19.096	16.257	15.327	17.585	8.770	1,2
Nuclear	14.734	15.739	16.129	14.705	14.504	2,0
Biomassa	47.394	49.385	52.111	51.711	53.854	7,6
Eólica	21.626	42.373	55.986	72.286	95.801	13,5
Solar	59	831	6.651	16.752	50.633	7,2
Outras	13.623	13.968	14.210	15.147	13.932	2,0

FONTE: Balanço Energético Nacional 2024 (EPE).

Depreende-se dos dados que no Brasil as hidrelétricas seguem como a principal fonte de energia elétrica, com a maior parte da capacidade instalada e da geração elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN), apresentando em oito anos um crescimento de 18.4% na geração de energia. Os anos observados marcam também o grande crescimento das demais fontes de energia, com destaque para os sistemas fotovoltaicos, com crescimento de 68,1% em 2023 em relação a 2022, e multiplicando em mais de oitocentas vezes sua capacidade de geração de energia entre 2015 e 2023. Do total de 50.633GWH GW gerados pela energia fotovoltaica em 2023, 59% são provenientes de micro e minigeração distribuída (EPE, 2024).

Os dados apresentados na TABELA 02 também permitem afirmar o significativo decréscimo da participação de fontes não renováveis na matriz elétrica brasileira, com destaque para derivados de petróleo que passaram da geração de 25.708 GWH para 6.041 GWH, um decréscimo de 76.5% em oito anos. Assim, observa-se que a matriz elétrica brasileira é majoritariamente composta por fontes

renováveis[4] atingindo 86% do total da produção elétrica do país, frente a média mundial atinge 31% (IEA, 2023). Na TABELA 3 é apresentado os dados que refletem a evolução do uso de fontes renováveis para a geração de eletricidade no Brasil e no mundo.

TABELA 03 - PARTICIPAÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS NA MATRIZ ELÉTRICA (% DA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE) – BRASIL X MUNDO (2015-2023)

Ano	Brasil (Renováveis)	Brasil (Fósseis)	Mundo (Renováveis)	Mundo (Fósseis)
2015	79%	21%	25%	75%
2020	83%	17%	28%	72%
2023	86%	14%	31%	69%

FONTE: Elaboração própria. Dados: Ministério de Minas e Energia (2023), BP *Statistical Review of World* Energy (2023), Agência Internacional de Energia (IEA).

A transição energética para fontes renováveis impacta positivamente a diminuição da poluição atmosférica, como é possível observar nos dados a seguir. Segundo a EPE (2024), para o ano de 2021 o setor elétrico brasileiro emitiu, para cada megawatt de energia elétrica produzida, comparativamente 31% das emissões para o mesmo fim dos países europeus da OCDE, 22% dos Estados Unidos e 12% da China. Ainda segundo a EPE, em 2021 o Brasil produzia 82 kgCO2/MWh e em 2023 esse valor já havia diminuído para 55,1 kgCO2/MWh.

As emissões de GEE provenientes da geração elétrica no Brasil totalizaram 38,9 milhões de toneladas (Mt) de CO2 em 2023, o que significou uma queda de mais de 57% em relação a 2015, mesmo frente ao aumento de 22% na quantidade de GWh gerados em 2023 em relação a 2015 (vide Tabela 04).

TABELA 04- EMISSÕES DE GEE PROVENIENTES DA GERAÇÃO ELÉTRICA NO BRASIL - MTCO2

	2015	2017	2019	2021	2023	Part. % (2023)
Total	89,99	61,43	54,84	77,81	38,93	100

FONTE: Balanço Energético Nacional (EPE, 2024).

A seguir são apresentadas e analisadas informações acerca da evolução da geração distribuída de energia elétrica no Brasil, com foco em sua capacidade de

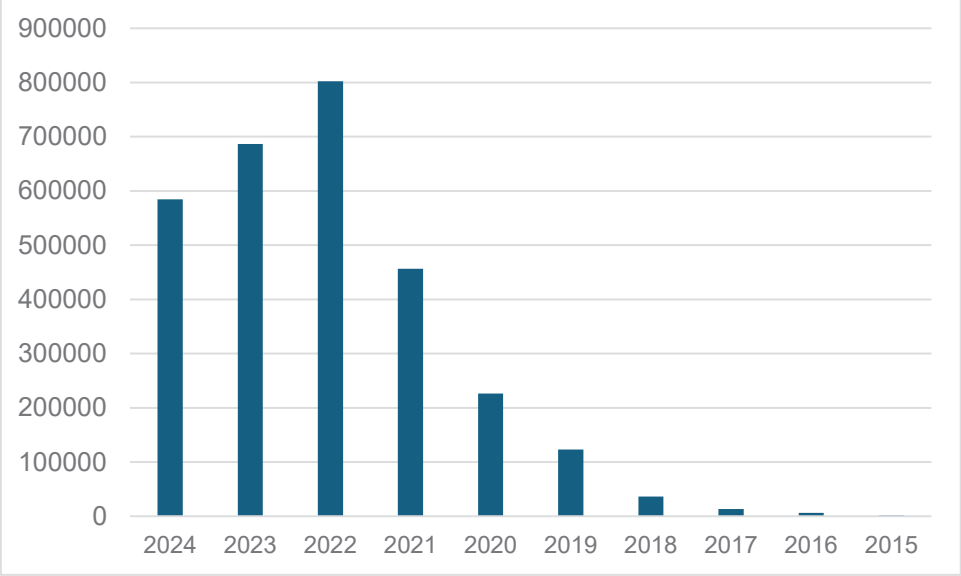
[4] Tais quais: Geração Renovável EIA - biomassa e resíduos, eólica, geotérmica, hidrelétrica, hidrelétrica reversível ("*pumped storage*"), maré e solar e Geração Renovável BEN - hidrelétrica, eólica, solar, bagaço de cana, lenha, lixívia e outras fontes renováveis.

participação na geração de energia elétrica e o crescimento da participação de diferentes fontes renováveis.

Os dados da Aneel (2024) demonstram que o Brasil possuía até outubro de 2024, 2.937.252 sistemas de geração distribuída, responsáveis pela geração de 33.042.728.89 KW de energia elétrica, presentes em 5.555 dos 5.570 municípios do país. Do total de sistemas de GDs, 2.936.491 unidades (99.97%) são usinas fotovoltaicas (UFV), 592 unidades são usinas termoelétricas (UTE – em especial a partir de combustíveis ou biomassa), 99 são usinas eólicas (EOL) e 70 são Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH). Destes dados depreende-se que fontes renováveis, como a energia solar é dominante na geração distribuída no Brasil.

Até o ano de 2014, o Brasil possuía 466 GDs, e partir de 2015 estes números atingem um crescimento importante, impulsionados pelo novo marco regulatório e as políticas de incentivo implantadas no país. O GRÁFICO 01 permite observar melhor esta evolução.

GRÁFICO 1 – UNIDADES DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL ENTRE 2015 A 2024.



FONTE: dados da Aneel, 2024.

Este crescimento é atribuído a incentivos como o sistema de compensação de energia elétrica estabelecido pela legislação nacional Resolução Normativa 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que permitiu ao consumidor gerar sua própria energia e receber créditos pelo excedente injetado na rede.

TABELA 05 - UNIDADES GD E POTÊNCIA INSTALADA, CONFORME COMBUSTÍVEL - BRASIL, 2024

	QTD/ GDs	POT. INST (KW)
Radiação Solar	2.936.491	32.772.751,68
Biogás	530	59.484,11
Biogás-Resíduos Urbanos	100	46.821,48
Cinética do Vento	99	17.371,48
Potência Hidráulica	70	60.677,17
Biogás-Agroindustriais	40	16.642,24
Biogás-Floresta	22	14.620,90
Bagaço Cana de Açucar	20	12.863,94
Gás Natural	13	3.101,94
Gás de Alto Forno-Biomassa	8	14.569,25
Casca de Arroz	7	11.726,90
Resíduos Sólidos Urbanos	6	3.096,80
Resíduos Florestais	5	6.060
Lenha	2	2.776
Óleo Diesel	1	165
Total	2.937.525	33.042.728,89

FONTE: dados da Aneel, 2024.

A diversificação de fontes de energia com aproveitamento local viabilizado pela geração distribuída permite melhor aproveitar recursos locais, diversificando a matriz produtiva e aumentando a segurança energética (TABELA 05). Esse aproveitamento de fontes renováveis de energia contribui para o enfrentamento às mudanças climáticas. A TABELA 06 especifica por classe produtiva como estão distribuídas as unidades produtoras de energia na geração distribuída no país.

TABELA 06- UNIDADES GD E POTÊNCIA INSTALADA, CONFORME CLASSE - BRASIL, 2024

CLASSE	QTD GD	POT INSTALADA (kW)
Residencial	2.328.987	16.010.927
Comercial	302.011	9.527.670
Rural	254.448	4.654.031
Industrial	43.362	2.427.304
Poder Público	8.030	371.973
Serviço Público	319	41.886
Iluminação pública	95	8.937
TOTAL	**2.937.252**	**33.042.729**

FONTE: dados da Aneel, 2024.

Das quase três milhões de unidades produtoras de energia em GD a maior parte, 2.328.987 unidades, ou seja, 79%, estão instaladas em residências, seguida

então pela classe comercial, rural e industrial. Descontando-se as unidades de Geração distribuída instaladas para atender ao setor público e à iluminação pública, é possível afirmar que a energia gerada pelos cidadãos-*prosumers* já responde por 98% da energia gerada pela geração distribuída no Brasil.

Os dados confirmam a importância da produção de energia para o próprio consumo. O papel do cidadão-*prosumer* na produção de energia elétrica é particularmente importante em países com grande potencial de geração renovável, como o Brasil, que possui alta incidência solar, embora outras fontes também tenham importância regional, em especial no caso do aproveitamento energético de resíduos agropecuários.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transição energética para fontes renováveis e limpas é fundamental para mitigar as mudanças climáticas e para garantir a segurança energética, contribuindo para diminuir a contaminação ambiental e promover uma economia mais sustentável. Esta transição é viabilizada e pode ser impulsionada pela também emergente e onipresente transição digital que cria possibilidades técnicas para a maior eficiência na produção, distribuição e interrelação-complementação entre fontes tradicionais e renováveis de energia.

Esta dupla transição energética e digital vem acompanhada de uma terceira, a da descentralização na geração elétrica, quando o cidadão-*prosumer* assume papel relevante. Desta forma, a transição energética rumo tanto às fontes renováveis como também a um sistema de geração e consumo cada vez mais eficiente e descentralizado, contribui para a descarbonização da matriz elétrica e para a mitigação das mudanças climáticas.

Portanto, o cidadão-*prosumer* representa um elemento central na transição para um sistema energético mais descentralizado, sustentável e democrático. A adoção crescente desse modelo reflete tanto avanços tecnológicos quanto políticas públicas voltadas para a promoção de energias limpas, e para a construção de um setor energético mais inclusivo e resiliente, que considere o direito dos cidadãos à energia limpa e em participar, ele próprio, desta transição energética.

REFERÊNCIAS

Goudarzi, A.; Li,Y.; Xiang, J. Efficient energy management of renewable resources in microgrids. In Renewable Energy Microgenera tion Systems; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2021; pp.285–321.

Amin, S. M. & Wollenberg, B. (2005). Toward a Smart Grid. IEEE Power & Energy Magazine, 3(5), 34–41.

Amin, S. M. (2011). Smart Grid: Overview, Issues and Opportunities. Advances and Challenges in Sensing, Modeling, Simulation, Optimization and Control. European Journal of Control.

Amin. M. (2001). Toward self-healing energy infrastructure systems. IEEE Comput. Appl. Power [Online].14(1), pp. 20–28. http://central.tli.umn.edu/

ANEEL (2012). Agência Nacional De Energia Elétrica. Resolução Normativa no 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, e dá outras providências.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Relatório de Geração de Energia Elétrica. 2023.

Aneel 2024. Aplicativo de dados abertos. Disponível em https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiY2VmMmUwN2QtYWFiOS00ZDE3LWI3NDMtZDk0NGI4MGU2NTkxIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBlMSIsImMiOjR9. Acesso em 10 de outubro de 2024.

Aquila, G. et al. (2017). An overview of incentive policies for the expansion of renewable energy generation in electricity power systems and the Brazilian experience. Renew. Sustain. Evergy Rev.

Barbier, E. B. (2018). Sustainability and development. Routledge.

Barry, J. (2012). The politics of climate change. Routledge.

Brannstrom, C. et al. (2019). Processos políticos e impactos socioambientais da energia eólica no litoral cearense. Gorayebe, A.; Brannstrom, C.; Meireles, A. J. (Org.). Impactos socioambientais da implantação dos parques de energia eólica no Brasil. Fortaleza: Editora UFC, 45-60.

Bridge et al. (2013). Geographies of energy transition: space, place and the low-carbon economy. Energy Pol., 53, 331-340.

Burningham, K., Barnett, J. Walker, G. (2015). An Array of Deficits: Unpacking NIMBY Discourses in Wind Energy Developers' Conceptualizations of Their Local Opponents, Society & Natural Resources, 28(3), 246-260. DOI: 10.1080/08941920.2014.933923

Camillo, V. (2013). As Políticas de Inovação da Indústria de Energia Eólica: uma análise do caso brasileiro com base no estudo de experiências internacionais.Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Brasil.

Carvalhais, R. & Pinto, M. (2023). De consumidor a prossumidor de energia: a adoção da geração distribuída a partir da teoria da prática. ReMak - Revista Brasileira de Marketing, 2, 1275-1326. 10.5585/remark.v22i3.20767.

Carvalho, P.M.C. (2020). A regulação das energias renováveis: um regime jurídico (des)incentivador? Dissertação de Mestrado em Direito, Universidade de Coimbra, Portugal. https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/92710

Daszkiewicz, K. (2020). Policy and Regulation of Energy Transition. In: Hafner, M., Tagliapietra, S. (Eds.) The Geopolitics of the Global Energy Transition. Lecture Notes in Energy, 73. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39066-2_9

De Oliveira, L. et al. (2023). Análise exploratória dos dados de potência de empreendimentos de geração distribuída fotovoltaica no estado do Paraná. Peer Review, 5(20), 354–365. https://doi.org/10.53660/1072.prw2626

Energy Institute (EI), 2023. Statistical Review of World Energy: Statistical Review of World Energy 2023.

European Commission (2006). European Smart Grids Technology Platform, RTD info, 2006.

European Trade Union Institute (2017). Shaping the digital economy 2030: six scenarios from research to action. Brussels: ETUI.

Ferraz de Abreu, P. (2020). Towards an integrated research approach: The problem life-cycle and transdisciplinary frameworks. In: Ferraz de Abreu, P. et al. e-Planning & Ubiquity. C-Press.

Ferraz de Abreu, P. et al. (2020) e-Planning & Ubiquity. C-Press.

Global Energy Statistical Yearbook: 2023. Disponível em https://energydata.info/dataset/key-world-energy-statistics-enerdata

IEA (2020). Digitalization and clean energy transitions. International Energy Agency.

IEA (2020). World Energy Outlook 2020. [S.l: s.n.], 2020. https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020/outlook-for-electricity#abstract

Agência Internacional de Energia (IEA): Título: World Energy Outlook 2023

IRENA (2023). Renewable Capacity Statistics 2023, Internacional Renewable Energy Agency. www.irena.org/Publications/2023/Mar/Renewable-capacity-statistics-2023

Kerkhoff, S. (2015). Potencial teórico de produção de biogás e energia elétrica a partir da biomassa residual da suinocultura da região oeste do Paraná. AGRENER GD, 10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural, 11 a 13 de novembro, Universidade de São Paulo – USP – São Paulo, Brasil.

Lazaro, L.L.B. et al. (2022). Energy transition in Brazil : is there a role for multilevel governance in a centralized energy regime. Energy Res. Social Sci., 85, 102404.

Melo, P. C. & Costa, R. C. (2014). Planejamento territorial e desenvolvimento local: Uma análise comparativa de experiências no Brasil. Revista Brasileira de Geografia, 76(2), 245-264.

MME (2023). Ministério de Minas e Energia. (2023). Plano Nacional de Energia 2050. Brasília.

Ministério de Minas e Energia (MME): Balanço Energético Nacional 2023.

Matheus, A. F. T. – Sistemas energéticos residenciais: avaliação do cenário atual brasileiro e alternativas para autogeração sustentável. 2021 – 128f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, São Carlos, 2021.

Nagpal, D. (2023). Why Public Financing Needs to Be Centre Stage for Universal Energy Access. IRENA. www.irena.org/News/expertinsights/2023/Sep/Why-Public-Financing-Needs-to-Be-Centre-Stage-for-Universal-Energy-Access

Nunes, A. et al. (2019). Percepção ambiental na proposição de indicadores para avaliação de impactos ambientais de parques eólicos. Confins, 41 DOI: 10.4000/confins.22338

Oliveira, L. (2023). Análise exploratória dos dados de potência de empreendimentos de geração distribuída fotovoltaica no estado do Paraná. Peer Review, 5(20), 355-365. DOI: 10.53660/1072.prw2626

Oliveira, I. M. F. de; Carneiro, R. (2020). Políticas públicas e geração de energia através da biomassa dos resíduos sólidos no Brasil. Energia na Agricultura, [S. l.], v. 35, n. 3, p. 370–387, 2020. DOI: 10.17224/EnergAgric.2020v35n3p370-387.

ONU-Habitat (2020). World urban forum 10: Resilient cities for all. United Nations Human Settlements Programme.

O'Sullivan, K. et al. (2020). Uneven energy transitions: understanding continued energy peripheralization in rural communities. Energy Pol., Volume 138, 111288.

Pagel, U.R., Campos, A.F., Carolino, J. (2018). Análise dos principais desafios ao desenvolvimento das energias renováveis no Brasil. XICBPE, Cuiabá. https://engenhariaedesenvolvimentosustentavel.ufes.br/sites/engenhariaedesenvolvimentosustentavel.ufes.br/files/field/anexo/artigo_analise_dos_principais_desafios_2.pdf

Paraná (s.d.) Secretaria do Planejamento. Programa Paranaense de Energias Renováveis. https://www.planejamento.pr.gov.br/Pagina/Programa-Paranaense-de-Energias-Renovaveis

Pereira, A. C. & Soares, R.R. (2020). O papel das políticas públicas na promoção da energia renovável no Brasil. Revista Brasileira de Política Ambiental, 25(4), 1-22.

Pereira, I. (2022). Conflitos territoriais decorrentes dos projetos de energia eólica no nordeste do brasil: um estudo a partir do the land matrix. XX Encontro Nacional da Associação dos Geógrafos Brasileiros.

Planeta campo (2023). Renova Paraná viabiliza quase 7 mil projetos de energia sustentável em propriedades rurais. https://planetacampo.com.br/renova-parana-energia-sustentavel-propriedades/

Pochet, P. (2022). L'Institut Syndical Européen (Etui). Boulevard du Roi Albert II, 5 box 4B, 1210. Bruxelles. Dossiê 2, Cad. CRH, 35. 2017European Trade Union Institute – ETUI.

Porto, M., Finamore, R., & Ferreira, H. (2013). Injustiças da sustentabilidade: Conflitos ambientais relacionados à produção de energia "limpa" no Brasil, Revista Crítica de Ciências Sociais, 100, 37-64. https://doi.org/10.4000/rccs.5217

REN21 (2016). Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Global Status Report. Paris.

REN21 (2023). Renewables 2023 global status report. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. www.ren21.net/reports/global-status-report/

Rutherford, A. 2020. International Law and Economics Energy Security and Green Energy. DOI: 10.1007/978-3-030-45555-2_3

Santana, A. & Silva, T. (2021). Produção de energia eólica em Pernambuco e a injustiça ambiental sobre comunidades rurais. Revista Katálysis, 24(1), 245-254. DOI: 10.1590/1982-0259.2021.e73663

Santos, L. T. (2017). Avanços da Energia Eólica no Brasil: uma análise das políticas públicas e seus resultados". Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil.

Silva, E. C. da, & Leite, S. P. de. (2018). A gestão territorial e o desenvolvimento regional: Um estudo de caso do Território do Sisal, Bahia. Revista Brasileira de Gestão Urbana, 10(1), 173-192.

Sokulski, C. C. (2023). Investimento em sistemas de energia renovável no agronegócio com base nos princípios da economia circular. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil.

Souza, S.N.M., Sordi, A., & Oliva, C. A. (2002). Potencial de energia primária de resíduos vegetais no Paraná: 4º Encontro de Energia no Meio Rural. Encontro De Energia no Meio Rural, 4, 2002, Campinas, Brasil. http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022002000200042&lng=en&nrm=abn

Sovacool, B. K., & Dworkin, M. H. (2015). Energy justice: Conceptual framework and empirical approaches. Routledge.

Stern, N. (2015). Why are we waiting? The logic, urgency and promise of tackling climate change. Cambridge, MA: MIT Press.

Tiepolo, G. M. et al. (2018). Atlas de energia solar do estado do Paraná - resultados. Revista Brasileira de Energia Solar, Ano 9, IX(1), 1-10.

Toffler, Alvin. (1980). The third wave. New York :Morrow,1980.

UN (2023). United Nations. Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy. https://www.un.org/sustainabledevelopment/energy/)

UNFCCC (2015). Paris agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change.

Vento Agreste (2023). Comissão Pastoral da Terra (CPT); Instituto Mãe Terra, Universidade de Pernambuco (UPE); Fundo Casa Socioambiental. https://www.youtube.com/@vento_agreste

WBGU (2011). World in transition: A social contract for sustainability. German Advisory Council on Global Change.

Werner, D. & Lazaro, L.L.B. (2023). The policy dimension of energy transition: The Brazilian case in promoting renewable energies (2000–2022). Energy Policy, 175. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113480.

WIDERGREN S. An Orderly Transition to a Transformed Electricity System. IEEE Transactions on Smart Grid, v. 1, n. 1, 2010.