



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO



O CRESCIMENTO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL AOS OLHARES GLOBAIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE TENDÊNCIAS, DESAFIOS E OPORTUNIDADES

The Growth of Renewable Energy in Brazil from a Global Perspective: A Systematic Review of Trends, Challenges, and Opportunities

El Crecimiento de las Energías Renovables en Brasil desde una Perspectiva Global: Una Revisión Sistemática sobre Tendencias, Desafíos y Oportunidades

Christian Gianelli da Silva ^{1*} & Waner Wodson Aparecido Gonçalves Silva ²

^{1,2} Universidade Federal de Ouro Preto - Universidade Federal de Itajubá

^{1*} christiangianelli63@gmail.com ² waner@unifei.edu.br@gmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido: 22.04.2025

Aprovado: 26.05.2025

Disponibilizado: 17.07.2025

PALAVRAS-CHAVE: energias renováveis; Brasil; sustentabilidade energética; desafios e oportunidades; revisão sistemática.

KEYWORDS: renewable energy; Brazil; energy sustainability; challenges and opportunities; systematic review.

PALABRAS CLAVE: energías renovables; Brasil; sostenibilidad energética; desafíos y oportunidades; revisión sistemática.

*Autor Correspondente: Silva, C. G. da.

RESUMO

Este artigo apresenta uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de identificar e consolidar as principais tendências, desafios e oportunidades que moldam o crescimento das energias renováveis no Brasil sob uma perspectiva global. Utilizando como base metodológica as diretrizes Prisma e uma análise qualitativa e quantitativa de publicações entre 2010 e 2025, foram selecionados sete estudos centrais a partir da base Scopus, complementados por outras fontes acadêmicas relevantes. Os resultados apontam para o avanço das tecnologias de armazenamento, como o bombeamento hidráulico reversível (PHS), a ascensão do hidrogênio verde, a descentralização da geração elétrica e o protagonismo internacional do Brasil no setor. No entanto, persistem obstáculos significativos, como burocracias regulatórias, deficiências na infraestrutura de transmissão e conflitos socioambientais. Conclui-se que a transição energética no Brasil exige uma maior articulação entre ciência, políticas públicas e inclusão social para garantir um futuro energético sustentável, justo e competitivo.

ABSTRACT

This article presents a systematic literature review aimed at identifying and consolidating the main trends, challenges, and opportunities shaping the growth of renewable energy in Brazil from a global perspective. Based on the PRISMA guidelines and a qualitative and quantitative analysis of publications from 2010 to 2025, seven core studies were selected from the Scopus database, complemented by other relevant academic sources. The results highlight advances in energy storage technologies, such as pumped hydro storage (PHS), the rise of green hydrogen, the decentralization of electricity generation, and Brazil's international leadership in the renewable sector. However, significant challenges remain, including regulatory bureaucracy, transmission infrastructure deficiencies, and socio-environmental conflicts. The study concludes that Brazil's energy transition requires greater coordination between science, public policy, and social inclusion to ensure a sustainable, fair, and competitive energy future.

RESUMEN

Este artículo presenta una revisión sistemática de la literatura con el objetivo de identificar y consolidar las principales tendencias, desafíos y oportunidades que configuran el crecimiento de las energías renovables en Brasil desde una perspectiva global. Basado en las directrices PRISMA y un análisis cualitativo y cuantitativo de publicaciones entre 2010 y 2025, se seleccionaron siete estudios clave de la base de datos Scopus, complementados con otras fuentes académicas relevantes. Los resultados señalan avances en tecnologías de almacenamiento, como el bombeo hidroeléctrico reversible (PHS), el auge del hidrógeno verde, la descentralización de la generación eléctrica y el liderazgo internacional de Brasil en el sector. No obstante, persisten desafíos significativos, como la burocracia regulatoria, deficiencias en la infraestructura de transmisión y conflictos socioambientales. Se concluye que la transición energética en Brasil requiere una mayor articulación entre ciencia, políticas públicas e inclusión social para asegurar un futuro energético sostenible, justo y competitivo.

INTRODUÇÃO

O cenário energético global tem apresentado transformações fomentadas pela crescente demanda por fontes de energia mais limpas e sustentáveis. Nesse contexto, quais são as principais tendências, desafios e oportunidades no desenvolvimento das energias renováveis no Brasil nos últimos 15 anos, segundo a literatura científica nacional e internacional? Essa é a pergunta que direcionou este estudo para compreensão crítica do cenário energético brasileiro a luz da transição de uma matriz mais limpa e sustentável. As crescentes mudanças climáticas, a volatilidade dos preços dos combustíveis fósseis e os compromissos internacionais na diminuição das emissões de gases de efeito estufa têm impulsionado governos, empresas e instituições a repensarem suas matrizes energéticas (Masuhara, Naoki, & Geremias, 2025; Manzoor et al., 2020; Feng et al., 2025).

Dessa forma, as energias renováveis são as principais protagonistas na transição energética, oferecendo alternativas viáveis e sustentáveis para a geração de eletricidade. Segundo o relatório da Financial (2024), o crescimento das fontes renováveis em países em desenvolvimento, como o Brasil, está superando a crescente expansão observada em economias desenvolvidas, demonstrando o enorme potencial de transformação desses mercados. Conforme Losekann e Tavares (2021), o Brasil, por sua vez, se destaca por possuir uma das matrizes energéticas mais renováveis do mundo, com grande predominância de energia hidrelétrica, além do crescimento acelerado de outras fontes como a solar, eólica e biomassa.

Essa capacidade instalada de energia solar fotovoltaica, por exemplo, cresceu exponencialmente nos últimos anos, mesmo em meio a desafios regulatórios e econômicos. Apesar desse avanço, a expansão das energias renováveis no Brasil tem enfrentado diversos obstáculos, principalmente no que diz respeito a gestão da inovação. Entre todos destacam-se a retenção e limites impostos na infraestrutura de transmissão, tudo isso diante da burocracia para liberação de projetos, as incertezas e carência de incentivos financeiros. Ademais, existem lacunas na literatura quanto à sistematização dos principais fatores que favorecem ou dificultam o crescimento neste contexto. Essa evidência demonstra a necessidade de revisões abrangentes que consolidem os achados científicos recentes (Ungaretti et al., 2024; da Silva et al., 2025). Este artigo tem como objetivo principal, realizar uma revisão sistemática de literatura, que inclui a seleção de uma base de dados através de termos de busca que tragam o conceito estudado e organização das análises sobre os artigos selecionados.

O *Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses* (Prisma) é um guia para a redação de revisões sistemáticas e meta-análises que serviu de base metodológica para a realização desta pesquisa. Limitando os artigos escolhidos entre 2010 a 2025, com foco nas tendências, desafios, oportunidades e olhar global. A base de dados escolhida para a seleção dos artigos desta pesquisa foi a Scopus. Ademais, utilizamos como complemento a Web of Science e Google Scholar, correlacionando o método de revisão sistemática para garantia da rigorosidade metodológica, além de proporcionar uma análise ampla e crítica das contribuições acadêmicas sobre o tema, de acordo com Cordeiro e Soares (2019). A relevância científica desta pesquisa consiste na consolidação de conhecimentos dispersos e mapeamento de lacunas existentes na construção de uma base teórica mais sólida que subsidie investigações futuras (Ferreira & Silva, 2021).

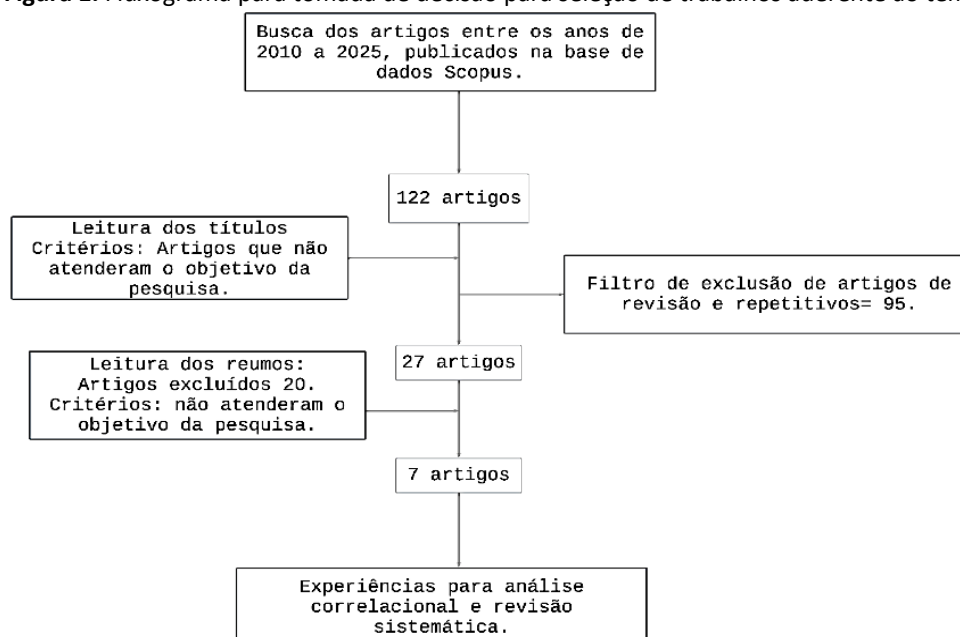
Na prática os resultados deste estudo podem orientar a formulação de políticas públicas, decisões estratégicas de agentes do setor energético e o desenvolvimento de tecnologias e modelos de negócios sustentáveis.

METODOLOGIA

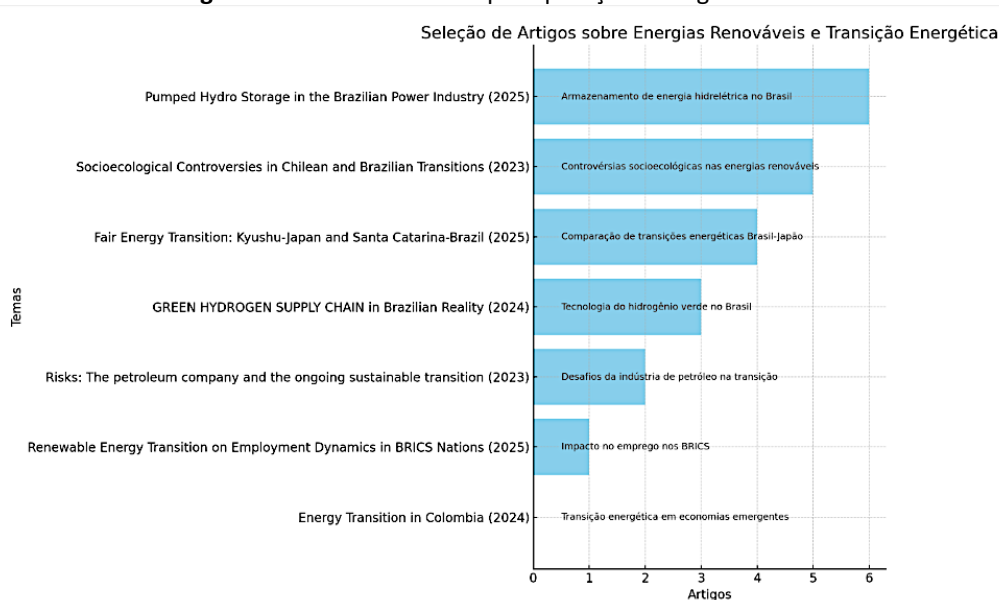
Segundo Rocha e Gomes (2024), para a realização da revisão sistemática é necessário mensurar e apontar o tipo de metodologia a ser utilizada. Então, adotamos a metodologia quantitativa e qualitativa para analisar a produção científica com foco interpretativo. Para chegar aos documentos aderentes ao tema de pesquisa, utilizamos a base de dados Scopus, por ser uma das bases de dados mais abrangentes e reconhecidas internacionalmente no campo científico. Logo, totalizou-se o número de 122 artigos.

Desses, realizamos um filtro interpretativo analisando o título do artigo, resultando 27 artigos, que novamente aplicamos um segundo filtro realizando a leitura dos resumos chegando a sete artigos que foram analisados e correlacionados ao contexto proposto (Figura 1, Figura 2, Figura 3, Gráfico 1 e Tabela 1). A busca foi realizada por meio da seguinte String (sequências de caracteres alfanuméricos [letras, números e/ou símbolos] amplamente usados em programação) de pesquisa: *{Renewable energy} AND {Brazil} AND {Energy transition}*. E a seguinte restrição temporal foi aplicada: (artigos de 2010 - 2025). Em complemento, alguns trabalhos referenciais foram agregados ao longo do texto através das bases Web Of Science e Google Scholar. Entretanto, verificou-se a veracidade e qualidade das publicações dos artigos complementares antes da adesão deles. Esse método de revisão é conhecido pela sua capacidade de reunir, avaliar e sintetizar criticamente evidências científicas existentes sobre um determinado tema. Portanto, essa abordagem permite colaborar com a identificação dos principais avanços acadêmicos no setor e mapear lacunas e oportunidades norteadoras para novas investigações. Por último, oferecer uma visão abrangente e consolidada do conhecimento atual.

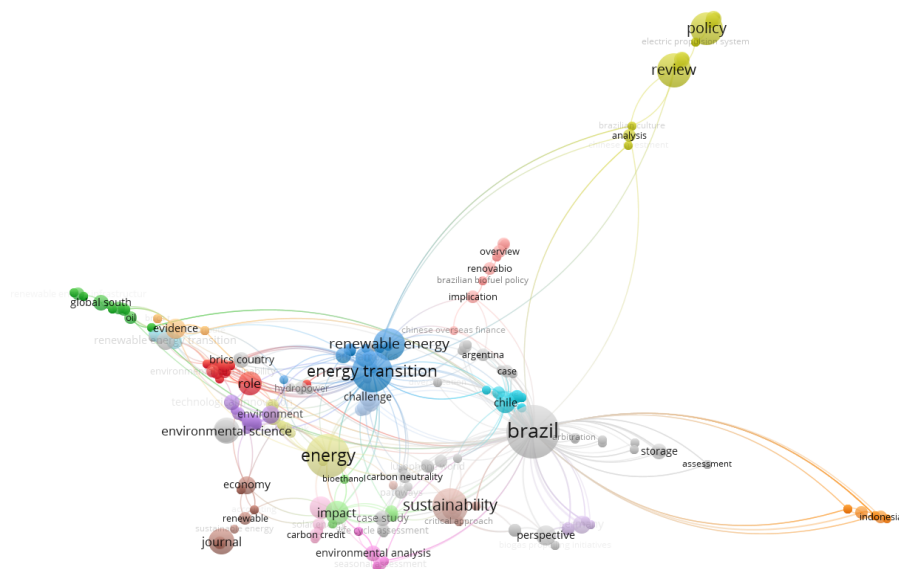
Figura 1. Fluxograma para tomada de decisão para seleção de trabalhos aderente ao tema



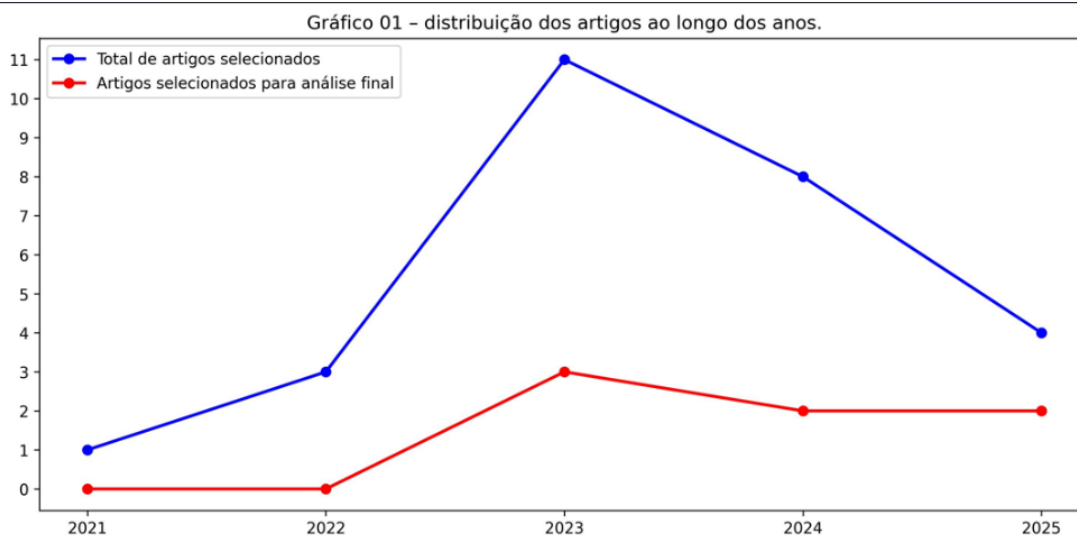
Fonte: Autores (2025).

Figura 2. Resultado obtido após aplicação do segundo filtro

Fonte: Autores (2025).

Figura 3. Termos extraídos por coocorrência de palavras-chave, gerada no software VOSviewer

Fonte: Autores (2025).

Gráfico 1. Publicações com aderência ao tema em função do ano.

Fonte: Autores (2025).

Tabela 1. Lista de documentos após aplicação do primeiro filtro

Nº	Nome do Artigo	Ano	Revista
1	Achieving Carbon Neutrality Pledge through Clean Energy Transition	2022	MDPI
2	A seasonal assessment of a hybrid combined heat and power system with green hydrogen storage	2023	INTECHOPEN
3	Can ICT and institutional quality help mitigate climate change in E7 economies?	2022	Springer
4	Chinese Overseas Finance in Renewable Energy in Argentina and Brazil	2022	SAGE Publications Inc
5	Critical Minerals and the Low-Carbon Transition	2024	Scanditale AB
6	Desafios da Consulta Prévia em Projetos de Energia Renovável	2025	Pontifícia Universidade Católica do Paraná
7	Energy Transition in Colombia: An Implementation Proposal for SMEs	2024	MDPI
8	Evaluation of Energetic Matrix Scenario Between Brazil, Germany, France, and UK	2023	Italian Association of Chemical Engineering - AIDIC
9	Fair Energy Transition: Kyushu, Japan, and Santa Catarina, Brazil	2025	Springer Nature
10	Financing Renewable Energy Policy: Insights from Brazil and Nigeria	2023	BioMed Central Ltd
11	Global Renewable Energy Infrastructure Pathways	2024	Libyan Center for Solar Energy Research and Studies
12	GREEN HYDROGEN SUPPLY CHAIN in Brazilian Reality	2024	ANPAD
13	Harmonized and Open Energy Dataset for Modeling Brazilian Power System	2023	Nature Research
14	Hydropower: Enhancing the Future of Variable Renewable Energy Integration	2024	MDPI
15	Investments of countries in renewable energy in Latin America	2023	EDP Sciences
16	Operational Data Analysis of a Battery Energy Storage System	2023	MDPI
17	Photovoltaic systems: A review on the energy transition in Brazilian culture	2024	Springer Nature
18	Pumped Hydro Storage in the Brazilian Power Industry	2025	MDPI
19	Renewable Electricity Transition in Brazil: Real Options Analysis	2023	MDPI
20	Renewable Energy Transition on Employment Dynamics in BRICS Nations	2025	MDPI
21	Risks: The petroleum company and the ongoing sustainable transition	2023	Universidade Federal do Paraná
22	Smart Electrical Planning Roadmaps in Latin America	2024	MDPI
23	Socioecological Controversies in Chilean and Brazilian Transitions	2023	MDPI
24	Sugarcane bioelectricity in Brazil: Metadiscourses of bioeconomy	2021	Springer International Publishing
25	The energy-growth nexus in 3 Latin American countries	2023	Springer
26	Unjust Winds of Change: Narratives of Wind Farms in the Northeast	2024	Stockholm University Press
27	Wave Energy Generation in Brazil: A Georeferenced Inventory	2023	MDPI

Fonte: Autores (2025).

Esses documentos foram analisados sob três óticas complementares:

- Análise bibliométrica, levantamento das publicações por ano e String;
- Análise de conteúdo, realização da leitura integral dos textos para identificação da aderência ao tema e discussão correlacional com os demais textos selecionados para análise final;
- Análise das propostas de pesquisas futuras, objetivo de identificar lacunas, tendências e oportunidades para o direcionamento de novas pesquisas.

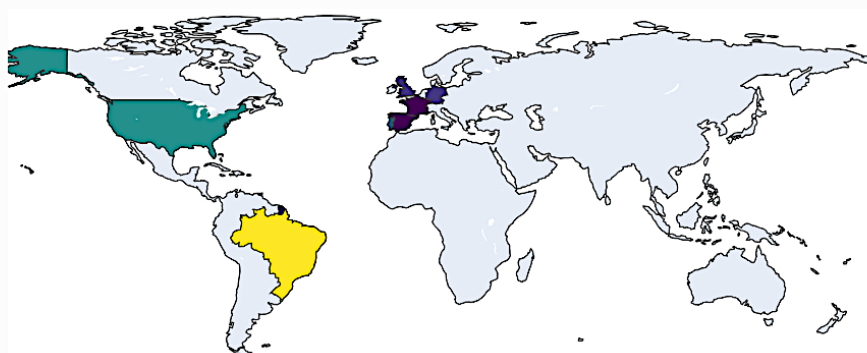
RESULTADO E DISCUSSÃO

Estão aqui expostos os resultados obtidos através da aplicação do método de revisão sistemática da literatura, organizados em três eixos analíticos definidos na metodologia: análise bibliométrica, análise de conteúdo e análise de pesquisas futuras. Cada um desses eixos representa uma perspectiva específica da investigação trazendo uma abordagem mais clara e detalhada dos achados.

A pesquisa obteve como resultado a seleção de 27 publicações relevantes, de acordo com os critérios previamente definidos na metodologia, os quais envolveram a aderência temática ao crescimento das energias no Brasil, bem como a qualidade e atualidade das informações apresentadas. O período de publicação dos artigos selecionados compreende entre os anos de 2021 a 2025, totalizando 5 anos de produção científica. Nesse intervalo, todos os anos registraram ao menos uma publicação que atendeu aos critérios de inclusão, destacando-se os anos de 2023 e 2024 (Gráfico 1). Observa-se um crescimento expressivo a partir de 2023, o que consolida a intensificação da transição energética no Brasil. Os sete artigos selecionados para análise final (Figura 2), estão concentrados nos anos de 2023, 2024 e 2025, confirmando a relevância recente da temática para o meio científico.

Entre os anos de 2021 e 2023, os artigos selecionados obtiveram aumento gradual até 1.000% (de 1 para 11). No entanto, no mesmo período os artigos escolhidos para análise final progrediram de 0 para 3. Se tratando dos anos de 2022 e 2023, o crescimento foi de aproximadamente 267% no total de artigos publicados. Apesar da notória queda em 2024 e 2025, os números se mantiveram acima dos níveis iniciais. As 27 publicações encontradas foram produzidas por vários países em diferentes continentes, revelando a dispersão das publicações sobre o tema de forma geográfica (Figura 4). Esta análise reafirma que, aos olhares globais, existe uma mobilização para produção de pesquisas que demonstrem a relevância do desenvolvimento de energias limpas.

Figura 4. Mapa de distribuição territorial de artigos aderentes ao tema



Fonte: Autores (2025).

Pode-se observar que as publicações estão geograficamente concentradas em regiões estratégicas do mundo, com destaque para a Europa Ocidental, América do Norte e América do Sul. Na Europa, os países com maior número de estudos são a França, Alemanha e Espanha, refletindo o protagonismo europeu na agenda da transição energética e nas políticas de descarbonização. Nos Estados Unidos, a presença significativa de publicações indica o papel de liderança tecnológica e científica do país em energias renováveis. No continente sul-americano, o Brasil se destaca como principal polo de produção científica, evidenciando sua relevância no cenário energético global e sua matriz majoritariamente limpa.

A concentração dos estudos nesses países demonstra não apenas capacidade técnica e institucional, mas também interesse político-econômico nas soluções sustentáveis para o setor elétrico. Esse panorama reafirma a importância do alinhamento dos centros de pesquisa com os desafios globais da segurança energéticas, mudanças climáticas e inovação tecnológica, além de revelar a necessidade de maior internacionalização de estudos oriundos de países em desenvolvimento. Os temas tratados nos 7 artigos finalistas foram agrupados em 3 categorias analíticas, que divulgam diferentes abordagens sobre energias renováveis no Brasil aos olhares globais (tendências, desafios e oportunidades). Nos artigos selecionados, análise bibliométrica, observou-se diferentes posicionamentos relacionados à transição energética, com foco nas tecnologias de armazenamento, políticas públicas, sustentabilidade ambiental e integração de fontes renováveis.

O armazenamento de energia é um dos temas de maior relevância, com especial atenção ao *Pumped Hydro Storage* (PHS), cuja aplicação no Brasil tem sido objeto de estudo, tanto no ponto de vista técnico, quanto econômico (Tabela 2). O PHS ou armazenamento por bombeamento hidráulico é tecnologia que utiliza 2 reservatórios de água em distintas altitudes para armazenar energia elétrica. Em períodos de baixa demanda ou excesso de geração, é usada para bombear água ao reservatório superior. Nos picos de consumo, a água é liberada, acionando as turbinas e gerando eletricidade. Essa técnica trata-se do método de armazenamento de larga escala mais consolidado no mundo, devido a sua elevada capacidade, longa vida útil e alta *performance*.

Tabela 2. Síntese das principais tendências, desafios e oportunidades - Transição energética, Brasil (2010-2025)

Elemento	Descrição	Referências
Tendências	Crescimento do uso de tecnologias de armazenamento (PHS - Pumped Hydro Storage)	Silva et al. (2025); Rodrigues et al. (2024); Gonçalves et al. (2022)
Tendências	Ascensão da cadeia do hidrogênio verde	Silva et al. (2025); Rodrigues et al. (2024); Gonçalves et al. (2022)
Tendências	Descentralização da matriz energética e geração distribuída	Silva et al. (2025); Rodrigues et al. (2024); Gonçalves et al. (2022)
Tendências	Expansão de redes inteligentes e digitalização (Indústria 4.0)	Silva et al. (2025); Rodrigues et al. (2024); Gonçalves et al. (2022)
Tendências	Internacionalização da agenda energética (cooperação Sul-Sul)	Silva et al. (2025); Rodrigues et al. (2024); Gonçalves et al. (2022)
Desafios	Burocracia e lentidão nos processos de licenciamento	Souza e Lima (2023); Ramírez et al. (2024); Poque González et al. (2023)
Desafios	Deficiência na infraestrutura de transmissão	Souza e Lima (2023); Ramírez et al. (2024); Poque González et al. (2023)
Desafios	Conflitos socioambientais com populações tradicionais	Souza e Lima (2023); Ramírez et al. (2024); Poque González et al. (2023)
Desafios	Baixa inclusão social nas decisões energéticas	Souza e Lima (2023); Ramírez et al. (2024); Poque González et al. (2023)
Desafios	Greenwashing por parte de petroleiras e falta de coerência institucional	Souza e Lima (2023); Ramírez et al. (2024); Poque González et al. (2023)
Oportunidades	Potencial do Brasil como líder global em energias renováveis	Mendes et al. (2025); Silva et al. (2021); Oliveira et al. (2019)
Oportunidades	Desenvolvimento do hidrogênio verde como vetor de descarbonização industrial	Mendes et al. (2025); Silva et al. (2021); Oliveira et al. (2019)
Oportunidades	Expansão de empregos verdes e requalificação profissional	Mendes et al. (2025); Silva et al. (2021); Oliveira et al. (2019)
Oportunidades	Atração de investimentos internacionais em infraestrutura limpa	Mendes et al. (2025); Silva et al. (2021); Oliveira et al. (2019)
Oportunidades	Formulação de políticas públicas regionais sustentáveis e inclusivas	Mendes et al. (2025); Silva et al. (2021); Oliveira et al. (2019)

Fonte: Autores com base na análise dos artigos selecionados (2025).

No contexto da transição energética brasileira, o PHS se apresenta como uma solução estratégica, que avança na integração de fontes renováveis intermitentes como a solar e a eólica, direcionando para um crescimento significativo de estudos voltados ao armazenamento de energia, reafirmando a tendência global de modernização dos sistemas elétricos. Conforme demonstrado por Silva et al. (2025), o PHS torna-se economicamente mais competitivo do que termelétricas a gás natural a partir de sete horas diárias de operação, destacando-se como uma solução viável para estabilidade do sistema. Essa característica do PHS o posiciona como tecnologia-chave para o desenvolvimento de uma matriz elétrica mais flexível, limpa e resiliente. Poque González et al. (2023) demonstram que, embora Brasil e Chile apresentem avanços significativos na adoção de fontes renováveis não convencionais, as NCREs (*Non-Conventional Renewable Energies*), ou, em português, Fontes Renováveis não Convencionais.

Destacando que grandes usinas hidrelétricas e projetos de energia eólica têm provocado impactos socioambientais consideráveis, afetando comunidades indígenas, ecossistemas frágeis que provocam disputas por esses recursos. A análise apresentada possui base estrutural em relação às regulamentações judiciais ambientais e energéticas, considerando não apenas a distribuição dos impactos, mas também o reconhecimento dos grupos afetados e os processos decisórios envolvidos. Em especial, os casos brasileiros de Belo Monte, Teles Pires e Caeté. Esses conflitos revelam um padrão decorrente de projetos impositivos, com baixa participação comunitária e fragilidade nos processos de licenciamento. Desse modo, a literatura indica que a transição energética, quando desassociada socialmente e juridicamente, pode reproduzir ou até agravar desigualdades históricas. Entre as tendências observadas no contexto proposto, destacam-se a descentralização da matriz elétrica e a expansão de tecnologias emergentes, como a cadeia hidrogênio verde.

O trabalho intitulado *Green Hydrogen Supply Chain in Brazilian Reality* (2024) reforça o protagonismo do Brasil como fornecedor global de hidrogênio verde, destacando o potencial do país, pela sua matriz energética predominantemente renovável. No entanto, existe uma estrutura regulatória e alguns gargalos logísticos ainda deficientes. A pesquisa defende um planejamento centralizado com foco diversificado e investimentos em infraestrutura como princípios para consolidação dessa premissa como vetor estratégico da descarbonização industrial. O movimento em direção à justiça energética é outra tendência notável. Se tratando do estudo de Silva et al. (2025), que identifica o avanço do Japão em processos descentralizados e participativos, o Brasil por sua vez ainda opera sob modelos centralizados, com pouca inclusão social. Essa comparação revela a necessidade de adaptar os modelos globais à realidade local, promovendo a democratização do acesso à energia. Por outro lado, desafios relevantes são apontados. A análise de Souza e Lima (2023) correlaciona a função das petroleiras, que prosseguem investindo em mais ativos fósseis, mesmo sob o discurso da transição energética.

A resistência, o institucional e a prática de *greenwashing* podem dificultar o real avanço dessa política. No mesmo plano, o estudo de Ramírez et al. (2024) oferece um posicionamento regional, mostrando como economias emergentes lidam com conflitos socioambientais e falta de planejamento territorial ao migrar para fontes renováveis. No âmbito socioeconômico, é importante ressaltar a mudança no cenário profissional.

O estudo de Mendes et al. (2025) revela um aumento nas ocupações ligadas à sustentabilidade nas nações do BRICS (Brasil incluso), mas ressalta a importância de programas de treinamento, para que a mudança energética não aumente as diferenças entre regiões e setores. O efeito benéfico pode ser maximizado com planos de longo prazo e justiça social. Essas ideias corroboram estudos anteriores que debatem a importância das PHS, como mostrado por Gonçalves et al. (2022), e as formas de integrar fontes de energia renovável não contínuas no sistema brasileiro. Trabalhos como os de Silva et al. (2021) e Oliveira et al. (2019) enfatizam que a expansão das energias renováveis deve considerar as consequências ambientais, sociais e territoriais, propondo alternativas técnicas, como redes inteligentes e sistemas de estocagem, e ferramentas de regulação, como benefícios fiscais e leis consistentes.

Corroborando, pesquisas apontam para um período de transformação, impulsionado por inovações tecnológicas, dificuldades nas organizações atuais e grandes oportunidades para o Brasil ter um papel importante nas conexões globais de energia limpa. A transição para fontes de energia mais sustentáveis no país exige tanto *expertise* técnica quanto justiça social, divisão equilibrada, políticas públicas coerentes e cooperação entre diferentes áreas. Construir um futuro energético duradouro depende essencialmente do equilíbrio entre saber científico, tecnologia, gestão eficiente e participação da população. Alguns estudos analisados apontam direções animadoras para novas investigações na área de energias renováveis. Rodrigues et al. (2024) indicam que, para o hidrogênio verde se estabelecer como opção primordial no Brasil, é crucial aprofundar a análise de temas como o planejamento da logística, os caminhos de exportação e a criação de centros industriais em áreas cruciais do território nacional.

De modo similar, Silva et al. (2025) reafirmam a importância de averiguar métodos mais eficazes para envolver as comunidades e os habitantes locais na tomada de decisões relacionadas à energia, fortalecendo o papel da descentralização como ferramenta de equiparação energética. Souza e Lima (2023) levantam preocupações sobre o comportamento de grandes empresas do setor fóssil diante da transição energética. Os autores sugerem que análises futuras poderiam se voltar para entender como essas corporações estão, de fato, adaptando suas estratégias ou se continuam apostando em práticas resistentes às mudanças estruturais exigidas pelo cenário atual.

Em outra frente, Mendes et al. (2025) apontam que os efeitos da transição sobre o mercado de trabalho brasileiro ainda precisam ser mais bem compreendidos, especialmente no que se refere à requalificação de profissionais e à criação de empregos verdes em regiões menos desenvolvidas. Ramírez et al. (2024), ao analisarem o contexto colombiano, indicam a necessidade de mais investigações sobre os conflitos socioambientais envolvendo grandes projetos de energia renovável, propondo que se explorem formas de mitigar esses impactos com políticas territorialmente sensíveis. Gonçalves et al. (2022), por sua vez, chamam atenção para o papel do armazenamento de energia, sugerindo que tecnologias como o bombeamento hidráulico reversível (PHS) podem ser mais bem exploradas em simulações técnicas aplicadas à realidade brasileira.

Por fim, Silva et al. (2021) e Oliveira et al. (2019) evidenciam um interesse crescente em compreender como os marcos regulatórios e as políticas públicas influenciam diretamente na expansão das fontes renováveis. Ambos reforçam a importância de investigações voltadas à

eficácia das leis e regulações, sobretudo no que diz respeito à integração de energias intermitentes, como solar e eólica, à rede elétrica nacional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da revisão sistemática, foi possível identificar e consolidar as principais tendências, desafios e oportunidades que moldam o crescimento das energias renováveis no Brasil aos olhares globais. Observou-se que persistem obstáculos estruturais, regulatórios e sociais que limitam a consolidação de uma matriz energética plenamente sustentável e justa, apesar do avanço expressivo na capacidade instalada dessas fontes como solar, eólica e biomassa. Entre as principais tendências, destacam-se a emergência de tecnologias de armazenamento como bombeamento hidráulico reversível (PHS), a ascensão da cadeia de hidrogênio verde e a descentralização da geração elétrica. Tais parâmetros da Indústria 4.0 representam não apenas avanços técnicos, mas também estratégicos para o fortalecimento da segurança energética nacional e para inserção competitiva do Brasil nos mercados internacionais de energia limpa.

Entretanto, a análise crítica dos estudos revela que a transição energética brasileira necessita de maior coerência nos discursos institucionais e as práticas de implementação na sociedade em geral. As barreiras burocráticas, os entraves logísticos e a baixa inclusão social nos processos decisórios comprometem a equidade e a legitimidade das ações da expansão renovável. Os conflitos socioambientais identificados, especialmente em grandes projetos hidrelétricos e eólicos, reforçam a necessidade de políticas públicas sensíveis ao território e à diversidade cultural e ecológica do país. Em relação às oportunidades, destaca-se o papel do Brasil como um dos principais líderes em energias renováveis no cenário internacional, impulsionado por sua matriz predominantemente limpa.

Além disso, observou-se um movimento crescente em que o Brasil surge como peça fundamental na cooperação Sul-Sul e na exportação de tecnologia e conhecimento em energias limpas. Esse patamar exige maior fortalecimento das capacidades institucionais, investimentos em infraestrutura de integração regional e ampliação das parcerias com centros de pesquisa e inovação. A articulação entre ciência, tecnologia e políticas públicas é fundamental para garantir a efetividade das ações e consolidar o protagonismo brasileiro no contexto da transição energética global.

O desenvolvimento de marcos regulatórios modernos, mecanismos de financiamento inovadores e estratégias de requalificação profissional surgem como elementos-chave para alavancar o potencial transformador das energias renováveis, ao mesmo tempo em que promovem inclusão e desenvolvimento regional.

Como recomendações futuras, esse estudo pode auxiliar gestores públicos, formuladores de políticas e agentes do setor energético na definição de estratégias baseadas em evidências científicas consolidadas. Recomenda-se o aprofundamento de pesquisas sobre participação comunitária, justiça energética e análise territorial, para garantir que a transição energética brasileira ocorra de forma sustentável, democrática e resiliente, frente aos desafios do século XXI. Apresenta-se assim, síntese das principais práticas identificadas:

- Fortalecimento de políticas públicas para descentralização da geração elétrica;
- Priorização de investimentos em tecnologias de armazenamento, como PHS;
- Criação de marcos regulatórios para o hidrogênio verde com foco em exportação;
- Estimular a participação social em projetos de energia renovável;
- Ampliar programas de capacitação para empregos verdes e inclusão regional;
- Melhoramento da governança de licenciamento com critérios socioambientais claros;
- Estabelecer parcerias internacionais para intercâmbio tecnológico;
- Promover digitalização e uso de redes inteligentes na matriz elétrica;
- Incentivar pesquisas sobre justiça energética impactos territoriais, e integrar ciência, inovação e políticas públicas para uma transição sustentável.

Por fim, apresenta-se certas limitações que merecem ser consideradas. Embora tenha-se utilizado bases amplamente reconhecidas, como Scopus, Web of Science e Google Scholar, a ausência da base IEEE Xplore, uma das mais relevantes para a área de engenharia elétrica pode ter limitado o acesso a estudos com maior profundidade técnica e foco em inovação aplicada. Além disso, não foram adotadas métricas de impacto, como número de citações ou fator de impacto, para a qualificação dos artigos selecionados. A análise dos dados foi conduzida com abordagem interpretativa, o que pode introduzir certo grau de subjetividade. Também não foram considerados documentos técnicos, relatórios institucionais ou dados de mercado, que poderiam oferecer uma visão mais prática e setorial do tema. Ainda assim, os resultados alcançados trazem contribuições significativas para o debate científico e estratégico sobre a transição energética no Brasil.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, pelo apoio financeiro prestado no desenvolvimento do programa de Mestrado em Engenharia Elétrica.

REFERÊNCIAS

- Cordeiro, L. & Soares, C. B. (2010). Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein*, 8(1), 102-106.
- Feng, C., et al. (2025). Global renewable energy transitions: progress, challenges, and prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 165, 112555.
- Ferreira, A. L. & Silva, F. B. (2021). Universalização do acesso ao serviço público de energia elétrica no Brasil: evolução recente e desafios para a Amazônia Legal. *Revista Brasileira de Energia*, 27(3), 135-154.
- Financial Times. (2024). Renewable energy growth in emerging markets outpaces developed world. *Financial Times*.
- Gonçalves, W. W. A., et al. (2022). Armazenamento reversível como estratégia para matriz elétrica brasileira. *Revista de Energias Renováveis*, 18(2), 115-130.
- Losekann, L. & Tavares, A. (2021). Brazilian energy transition: renewable leadership and its challenges. In *Energia Progresiva* (pp. 471-496). Springer.
- Manzoor, S., et al. (2020). A global review of renewable energy policies and recommendations for the future. *Energy Policy*, 147, 111881.
- Masuhara, R., Naoki, C., & Geremias, R. (2025). O crescimento das energias renováveis no Brasil: uma revisão sistemática sobre tendências, desafios e oportunidades. *Artigo em desenvolvimento*.
- Mendes, J., et al. (2025). Renewable energy transition on employment dynamics in BRICS nations. *MDPI*.
- Oliveira, R., et al. (2019). Smart grids e integração de renováveis: desafios territoriais e políticos no Brasil. *Revista Brasileira de Energia Sustentável*, 12(1), 75-88.
- Poque González, C., et al. (2023). Socioecological controversies in Chilean and Brazilian transitions. *MDPI*.
- Ramírez, A., et al. (2024). Energy transition in Colombia: an implementation proposal for SMEs. *MDPI*.
- Rocha, F. C. A. & Gomes, M. de L. (2024). *Metodologia científica*.
- Rodrigues, D., et al. (2024). Green hydrogen supply chain in Brazilian reality. *ANPAD*.
- Silva, A. L. da, et al. (2025). Fair energy transition: Kyushu-Japan and Santa Catarina-Brazil. *Springer Nature*.
- Silva, L. J. da, et al. (2025). Renewable energy development in Brazil: overview and future perspectives. *Renewable Energy Focus*, 44, 49-57.
- Silva, T., et al. (2023). Renewable electricity transition in Brazil: real options analysis. *MDPI*.
- Souza, C. H., & Lima, F. (2023). Risks: the petroleum company and the ongoing sustainable transition. *Universidade Federal do Paraná*.
- Ungaretti, C. R., et al. (2024). Barriers and opportunities in the Brazilian renewable energy sector: a systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 42.