



Transição energética: uma análise global sob as dimensões social, econômica e ambiental

Energy transition: a global analysis of social, economic, and environmental dimensions

Transición energética: un análisis global de las dimensiones sociales, económicas y ambientales

Luisa Poeys do Valle¹, Maristela de Araújo Vicente², Ana Paula Meneguelo³ & Maria de Fátima Pereira dos Santos^{4*}

^{1 2 3 4}Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo

¹luisapoeys12@gmail.com ²maristela.vicente@ufes.br ³ana.meneguelo@ufes.br ^{4*}maria.f.santos@ufes.br

ARTIGO INFO.

Recebido: 07.11.2025

Aprovado: 02.12.2025

Disponibilizado: 11.12.2025

PALAVRAS-CHAVE: transição energética, análise de cenários, bibliometria.

KEYWORDS: energy transition, scenario analysis, bibliometrics.

PALABRAS CLAVE: transición energética, análisis de escenarios, bibliometría.

*Autor Correspondente: Santos, M. de F. P. dos.

RESUMO

Este estudo buscou fornecer um mapa do conhecimento científico sobre transição energética, capaz de orientar futuras pesquisas, identificar oportunidades de colaboração e revelar áreas subexploradas, especialmente em contextos de países em desenvolvimento. Para isso, foi realizada uma investigação exploratória fundamentada em análise bibliométrica, utilizando dados da base Web of Science (WoS) e os pacotes Bibliometrix e Biblioshiny para estruturar e visualizar as informações coletadas. A análise concentrou-se no período de 2019 a 2025, e os resultados mostraram um aumento de 4 para 473 artigos publicados. Os autores de maior destaque em número de publicações relacionadas ao conceito de transição energética têm nacionalidade chinesa. A China apresentou forte colaboração com diversos países, assim como a Europa e os Estados Unidos. Emissão de carbono, crescimento econômico, armazenamento de energia, minerais críticos e fotovoltaico são temas relevantes para pesquisas futuras. O Brasil tem baixo índice de publicações no tema. Considerando o potencial energético do país e sua variedade de fontes renováveis, é importante promover a pesquisa nacional e fortalecer a colaboração com centros internacionais de produção científica, para que o país se mantenha competitivo tecnologicamente.

ABSTRACT

This study aimed to provide a map of scientific knowledge on the energy transition, capable of guiding future research, identifying collaboration opportunities, and revealing underexplored areas, especially in developing countries. To this end, an exploratory investigation was conducted based on a bibliometric analysis, using data from the Web of

Science (WoS) database and the Bibliometrix and Biblioshiny packages to structure and visualize the collected information. The analysis focused on the period from 2019 to 2025, and the results showed an increase from 4 to 473 published articles. The most prominent authors in terms of the number of publications related to the concept of the energy transition are of Chinese nationality. China showed strong collaboration with several countries, as did Europe and the United States. Carbon emissions, economic growth, energy storage, critical minerals, and photovoltaics are identified as relevant topics for future research. Brazil has a relatively low volume of publications on the subject. Considering the country's energy potential and its variety of renewable sources, it is important to promote national research and strengthen collaboration with international research centers, so that the country remains technologically competitive.

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo proporcionar un mapa del conocimiento científico sobre la transición energética, capaz de orientar futuras investigaciones, identificar oportunidades de colaboración y revelar áreas subexploradas, especialmente en países en desarrollo. Para ello, se realizó una investigación exploratoria basada en un análisis bibliométrico, utilizando datos de la base de datos Web of Science (WoS) y los paquetes Bibliometrix y Biblioshiny para estructurar y visualizar la información recolectada. El análisis se centró en el periodo comprendido entre 2019 y 2025, y los resultados mostraron un incremento de 4 a 473 artículos publicados. Los autores más destacados en número de publicaciones relacionadas con el concepto de transición energética son de nacionalidad china. China mostró una sólida colaboración con diversos países, al igual que Europa y Estados Unidos da América. Emisiones de carbono, crecimiento económico, almacenamiento de energía, minerales críticos y tecnología fotovoltaica se identifican como temas relevantes para investigaciones futuras. Brasil presenta un volumen relativamente bajo de publicaciones sobre el tema. Considerando el potencial energético del país y su variedad de fuentes renovables, resulta importante promover la investigación nacional y fortalecer la colaboración con centros internacionales de investigación científica, de modo que el país se mantenga competitivo tecnológicamente.



INTRODUÇÃO

A busca pela diminuição das emissões de gases do efeito estufa (GEE) se tornou uma meta internacional, e tem se intensificado ao longo dos anos, devido ao impacto das mudanças climáticas extremas observadas em várias regiões do planeta (Ulpiani et al., 2024; Wu et al., 2025). Esses impactos não afetam apenas comunidades em países subdesenvolvidos, mas representam risco igual para países desenvolvidos (Oshiro et al., 2023). Segundo o Sexto Relatório de Avaliação (AR6) do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) até o ano de 2040 a expectativa é de se ter um aumento na faixa de 1,2°C a 1,8°C na temperatura mundial (IPCC, 2023), ampliando a instabilidade ambiental, política e estrutural do mundo, tornando-o mais suscetível a desastres ambientais, como visto nas inundações no estado do Rio Grande do Sul, no Brasil, (Tebaldi et al., 2025) e nos estados do sul da China em 2024 (Ma et al., 2025).

Estudos recentes sugerem que o crescimento da temperatura média global intensifica esses fenômenos, resultando em perdas econômicas de bilhões de dólares (Wu & Lin, 2024; Ahmed et al., 2025; Tonetto et al., 2025). A frequência e severidade de eventos extremos têm aumentado e pode ser exemplificado por eventos como furacões Idai e Fani (2019), tufões devastadores (Bangladesh/Filipinas 2020-2021), mega incêndios no oeste americano e Europa (2020-2023), enchentes históricas na Europa Central (2021), Paquistão (2022) e Brasil (2024), secas severas no Brasil (2023), representando enormes perdas econômicas e sociais. Os impactos econômicos ao longo do período de 1970 até 2019 mostraram aumento considerável nas perdas atribuídas às mudanças climáticas: 1970-1979 (\$183,9 bilhões) e 2010-2019 (\$1476,2 bilhões) (*World Meteorological Organization*, 2023).

Adicionalmente, impactos agregados dos desastres climáticos podem resultar no deslocamento de pessoas fugindo de regiões atingidas por secas/inundações, danos irreversíveis aos ecossistemas, o agravamento da insegurança alimentar e a escassez de recursos hídricos (Liu et al., 2025; Mourot et al., 2025; Urugo et al., 2024). Esses dados reforçam que as mudanças climáticas não representam apenas um desafio ambiental, mas também uma ameaça que prejudica as estruturas sociais e econômicas em conjunto (IPCC, 2023; Zanotelli et al., 2024; Samra & Ali, 2025).

Neste contexto, a expressão "transição energética" se tornou um dos assuntos mais discutidos nos fóruns e organismos mundiais (IPCC, 2023). A definição do termo se dá pela maneira na qual a energia é gerada, distribuída e consumida, visando uma produção centrada em energias renováveis, e, na redução da utilização de combustíveis fósseis, como petróleo e carvão (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2024). Desta forma, a transição energética tem como objetivo a transformação do setor global de energia para combater as mudanças climáticas, através do desenvolvimento, melhoria e implementação de novas tecnologias (Bjerke et al., 2025; Mudhee et al., 2025; Tostes et al., 2025).

O Acordo de Paris, adotado na Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP21) em Paris no ano de 2015, definiu metas para combater a mudança climática global. Para alcançar estas metas, foram estabelecidos pilares como a neutralidade de carbono a longo prazo e redução das emissões de gases de efeito estufa (por exemplo, CO₂).

Para mitigar as emissões antropogênicas de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, a captura, utilização e armazenamento de carbono é considerada a abordagem urgente e viável (Oyewole et al., 2023; Ciotta et al., 2025). A ideia central é conter o aquecimento global e manter o aumento da temperatura em até 1,5 °C. Entretanto, dados recentes demonstram que desde a Revolução Industrial, a temperatura média global aumentou cerca de 1,1 °C, indicando um cenário de novos desafios e desenvolvimento de tecnologias para mitigação dos efeitos das mudanças climáticas (Oshiro et al., 2023; Rekker et al., 2023).

Embora o interesse de pesquisadores sobre a transição energética na última década tenha aumentado, comprovado pelo aumento de publicações no tema, obstáculos de aceitação social, avaliação da confiabilidade e riscos de consequências adversas na implementação em larga escala de novas tecnologias, ainda são desafios para o progresso tecnológico rumo à sustentabilidade (De-León Almaraz et al., 2024; Rice et al., 2025; Zumofen et al., 2025).

No Brasil, a matriz energética é composta por cerca de 49,1% de fontes renováveis (hídrica, biomassa, eólica e solar) e aproximadamente 48% de fósseis (petróleo e derivados, gás natural e carvão mineral), como forma de suprir a demanda energética de todo o território (Lampis et al., 2022). Apesar da diversidade de fontes de energia que o Brasil utiliza, o setor de petróleo e gás mantém planos de expansão da produção e infraestrutura. Isso cria um contraste entre a demanda pela diminuição das emissões de gases do efeito estufa e o crescimento do setor (Lazaro et al., 2024).

Vale ressaltar, também, que a implementação da transição energética não é realizada de forma linear, por apresentar obstáculos estruturais, como interesses econômicos (Boateng et al., 2025), sociais (Gorayeb et al., 2025), desafios institucionais (He et al., 2025) e financeiros (Solano & Affonso, 2025). Além disso, embora existam atualmente diferentes tipos de energias renováveis (Kerschbaum et al., 2025), muitas tecnologias encontram-se em variados estágios de implementação e maturação. Algumas já atingiram efetividade suficiente para uso em larga escala, enquanto outras ainda estão em desenvolvimento tecnológico para se tornarem viáveis (Silva, Jones & Beluco, 2019; Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2024; Bhushan et al., 2025; Leonzio & Shah, 2025; Pielichowska et al., 2025).

Nesse contexto, faz-se necessário fomentar o uso de fontes energéticas alternativas de baixa emissão, analisando os desafios e oportunidades inerentes à geração de energia renovável (Barrera et al., 2025). A energia solar fotovoltaica, por exemplo, já é considerada uma das mais viáveis economicamente, especialmente em países com alta incidência solar, como o Brasil, o que a torna uma importante aliada na descentralização e democratização do acesso à energia elétrica (Khosla et al., 2020; Morais et al., 2025; Yuan et al., 2025). A energia eólica, por sua vez, tem apresentado custos cada vez mais competitivos em relação às fontes tradicionais e elevado potencial de expansão, especialmente na região Nordeste brasileira, consolidando-se como uma das matrizes em destaque no processo de transição energética nacional (Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2024; Chen WB, 2025; Solano & Affonso, 2025).

Diante desse cenário, observa-se uma crescente mobilização internacional em torno das metas de descarbonização da economia, definidas como metas que buscam zerar ou neutralizar as emissões líquidas de carbono (Khosla et al., 2020; Nurse & Jansen, 2025; Gao et al., 2026; Mckenzie & Gawley, 2026). As Tecnologias de Baixo Carbono representam um mecanismo importante pelo qual os custos de energia das famílias podem ser reduzidos, ao

mesmo tempo em que se realiza a transição de combustíveis fósseis para tecnologias renováveis, como parte das metas de zero emissão líquida (Schulte et al., 2022). A Agência Internacional de Energia (IEA) tem desempenhado um papel central na formulação de cenários e diretrizes para essa transição, como no relatório “Net Zero by 2050”, o qual propõe a suspensão imediata de novos projetos fósseis, o aumento da capacidade de renováveis e o avanço tecnológico em energia limpa (Agência Internacional de Energia, 2025).

Diversos países incentivam as Tecnologias de Baixo Carbono, como energia solar fotovoltaica, bombas de calor (dispositivo altamente eficiente que transfere calor de um local para outro) e aquecimento urbano (sistema de distribuição de calor a partir de uma fonte central para múltiplos edifícios) (Sovacool et al., 2020; Jimenez Zabalaga et al., 2025), e esses esforços demonstraram que essas tecnologias oferecem um potencial significativo para reduzir a dependência de combustíveis fósseis (Nurse & Jansen, 2025). No entanto, devido à sua natureza intermitente, a geração de energia a partir de fontes renováveis pode sofrer flutuações significativas, variando com as condições climáticas e outros fatores tecnológicos, e consequentemente esta variabilidade representa um desafio substancial para a concretização e implementação de sistemas de baixo carbono (Chennaif et al., 2022; Gangopadhyay et al., 2024).

Assim, o objetivo deste estudo foi analisar os principais desafios e oportunidades da transição energética global, considerando sua relevância na mitigação das mudanças climáticas e na redução das emissões de gases que intensificam o efeito estufa. O estudo foi conduzido por meio de uma análise bibliométrica de artigos científicos publicados entre 2019 e 2025, método que permite mapear quantitativamente a estrutura intelectual e as tendências de um campo de pesquisa (Donthu et al., 2021).

A análise foi realizada com suporte do pacote bibliometrix (Aria & Cuccurullo, 2017), visando identificar autores, instituições, países e tendências temáticas que mais se destacam nesse período. Além disso, este estudo investigou como os países abordam a transição energética em seus respectivos contextos econômicos e sociais (Khosla et al., 2020; Oshiro et al., 2023; Bassière & Benatia, 2025; Yin et al., 2025). Dessa forma, espera-se que o estudo contribua para aprofundar o conhecimento sobre as trajetórias globais rumo a uma matriz energética mais limpa e sustentável, destacando os avanços, os desafios regionais e as perspectivas futuras desse processo em escala mundial. Este estudo busca fornecer um mapa do conhecimento científico sobre transição energética, capaz de orientar futuras pesquisas, identificar oportunidades de colaboração e revelar áreas subexploradas, especialmente em contextos de países em desenvolvimento.

METODOLOGIA

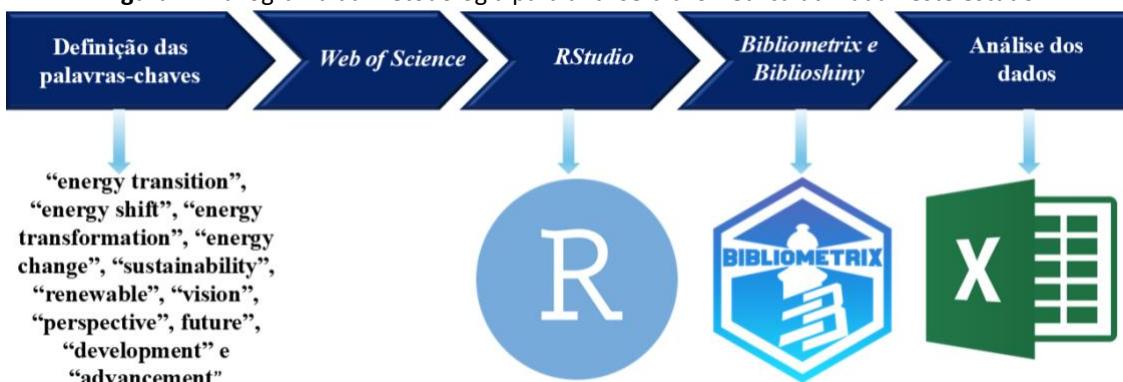
Este estudo foi conduzido por meio de uma pesquisa exploratória, com foco em análise bibliométrica da produção científica recente sobre transição energética. O objetivo foi identificar tendências, temas recorrentes, autores e instituições mais relevantes, bem como compreender as principais abordagens adotadas pela literatura científica no período de 2019 a 2025.

A base de dados utilizada foi a *Web of Science (WOS)*, selecionada por sua ampla cobertura multidisciplinar, credibilidade e compatibilidade com ferramentas de análise bibliográfica. A busca foi realizada por meio da combinação de palavras-chave em inglês, e da utilização de operadores booleanos (AND e OR) para melhor refinar os resultados. Foram removidos os documentos duplicados, os sem acesso ao arquivo para leitura ou os que não se relacionavam ao tema proposto neste trabalho.

Foram utilizados termos que tratam diretamente do conceito de transição energética, como “*energy transition*”, “*energy shift*”, “*energy transformation*” e “*energy change*”. Esses termos estão associados a expressões voltadas à sustentabilidade e fontes limpas, como “*sustainability*” e “*renewable*”. Também fizeram parte da busca termos que remetem à formulação de políticas públicas e diretrizes estratégicas, como “*strategy*” e “*approach*”. Visões de longo prazo e projeções sobre o futuro energético foram representadas pelas palavras “*vision*”, “*perspective*” e “*future*”. Já os avanços tecnológicos foram explorados por meio dos termos “*technology*”, “*innovation*”, “*development*” e “*advancement*”. Complementando o escopo, foram considerados aspectos ambientais e climáticos, por meio de termos como “*carbon*”, “*emissions*”, “*footprint*” e “*neutrality*”, bem como dimensões econômicas, a partir das palavras “*economy*”, “*investment*” e “*finance*”. Após a inserção das palavras-chave em conjunto com os operadores booleanos, obteve-se 1505 artigos dentro do período proposto neste estudo.

Após a coleta dos dados no formato artigo e em inglês, os resultados foram exportados nos formatos compatíveis com o software *Bibliometrix*, desenvolvido em *R* (*Software RStudio* versão 2025.03.01). Utilizando o *RStudio*, procedeu-se a instalação dos pacotes *Bibliometrix* e *Biblioshiny*, o que permitiu a inserção, visualização e compilação dos dados. Os arquivos exportados do *WoS* foram divididos em quatro documentos, totalizando 1505 artigos: três arquivos com 500 artigos e o último contendo cinco artigos (Zupic & Cater, 2015; Aria & Cuccurullo, 2017). Após a compilação dos dados, estes foram adicionados ao *Biblioshiny* para visualização e organização no Microsoft Excel 365 (Figura 1).

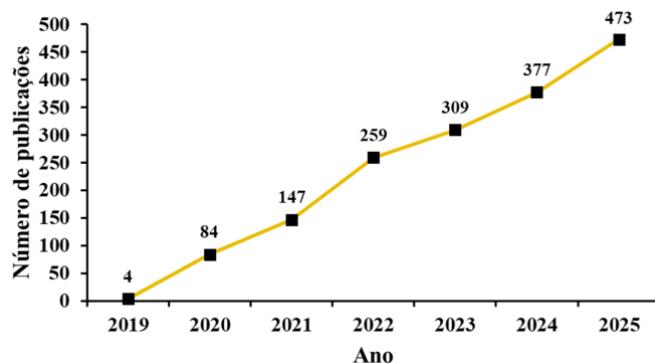
Figura 1. Fluxograma da metodologia para análise bibliométrica utilizada neste estudo



Fonte: Autores (2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de artigos publicados no período de 2019 a 2025 mostrou um aumento de quatro para 473, respectivamente (Figura 2). É possível observar que, ao longo dos anos, a produção de artigos cresceu de forma exponencial, representando um aumento de 99,15% no ano de 2025 quando comparado ao ano de 2019, representando, assim, um tema de grande interesse da comunidade científica e consequentemente com alto índice de publicação nos últimos anos.

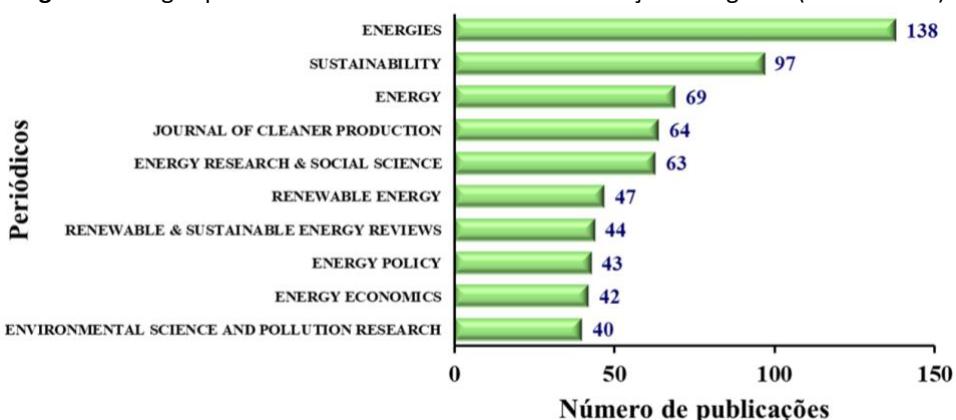
Figura 2. Número de artigos publicados no período de 2019 a 2025 sobre o conceito de transição energética

Fonte: Autores (2025).

O aumento das produções científicas sobre o tema explica-se pelo maior investimento em pesquisa e novas tecnologias voltadas à transição energética (efetiva e contínua), a fim de reduzir impactos ambientais e mitigar efeitos gerados pela intensificação do aquecimento global. A inovação no setor de tecnologias de mitigação climática (incluindo produção de energia limpa) também apresentou forte crescimento em número de patentes internacionais no período recente (Probst et al., 2021; IEA, 2021; WIPO, 2023). Entretanto, este tópico não será abordado com profundidade neste estudo.

Os resultados são incitados por diversos fatores, cita-se a conscientização social sem precedentes, incentivos econômicos específicos, rupturas de mercado e políticas climáticas mais rígidas. Eventos climáticos, como as ondas de calor na Europa (2022), mega incêndios na Austrália (2019-2020), seca histórica na Amazônia (Brasil) (2023), reforçaram a necessidade de investimentos em projetos para adaptação e energia resiliente. Fatores geopolíticos como, a guerra na Ucrânia (2022) e o choque de preços de gás e petróleo levaram governos e empresas a acelerar estratégias voltadas à ampliação da autonomia energética baseada em fontes renováveis. Além disso, a queda nos custos para produção de energia, como baterias de íons-lítio e hidrogênio verde incitou o interesse por estudos com materiais críticos.

Interessante notar que artigos publicados pela Editora MDPI (*Energies* e *Sustainability*) são de acesso aberto (Figura 3). Apesar do maior número de publicações, estes periódicos têm baixos fatores de impacto (*Impact Factor*), 3,2 (*Energies*) e 3,3 (*Sustainability*), porém, os 8 periódicos restantes têm menor número de publicações, comparado aos dois primeiros, o que se explica por adotarem o modelo híbrido, ou seja, para acessar gratuitamente é necessário pagar uma taxa de processamento. Outra característica destes 8 periódicos é que têm fator de impacto mais alto (5,8-16,3) indicando maior prestígio no meio acadêmico.

Figura 3. Artigos publicados mais relevantes sobre transição energética (2019 a 2025)

Fonte: Autores (2025).

O Fator de Impacto é uma média de quantas vezes os artigos foram citados em um determinado período indicando sua relevância no meio científico (Safdar et al., 2025). O h-index, por sua vez, é um índice que mede a quantidade e o número de publicações de um autor (Ding et al., 2020). Estes dois índices em conjunto são bons indicadores do impacto da pesquisa no meio acadêmico. Explica-se que um periódico com índice de impacto de 5,8 significa que na média, os artigos foram citados 5,8 vezes em outras publicações. Assim, os periódicos foram listados de acordo com o Fator de Impacto e os 9 primeiros têm valores (entre 16,3 e 5,8), indicando influência e visibilidade na área de atuação. Os periódicos têm escopos voltados para produção de energia limpa, renovável e sustentável, aspectos econômicos, sociais e inovação tecnológica na área da energia (Tabela 1).

Tabela 1. Os 10 periódicos com maior impacto na publicação de artigos sobre transição energética

	Periódico	IF*	h_Index	TC**	NP++	Ano **
1	Renewable & Sustainable Energy Reviews	16,3	17	1403	44	2020
2	Energy Economics	14,2	20	1377	42	2020
3	Applied Energy	11,0	16	867	37	2020
4	Journal Of Cleaner Production	10,0	21	1609	64	2020
5	Energy	9,4	22	1568	69	2020
6	Energy Policy	9,2	22	1551	43	2019
7	Renewable Energy	9,1	20	1508	47	2020
8	Energy Research & Social Science	7,4	25	1437	63	2020
9	Environmental Science and Pollution Research	5,8	20	1698	40	2020
10	Energies	3,2	20	1489	138	2020

- IF*: Fator de Impacto; TC**+: Total de Citações; NP++: Número de Publicações; Ano **: Início das publicações.

Ao analisar os 10 autores com maior número de artigos publicados (Figura 4), nota-se que há autores com elevado número de publicações no período de 2019 a 2025 (> 16 artigos). Wang é o autor com o maior número de publicações, vinte e cinco artigos, incluindo o artigo de 2022, altamente citado (93 citações). Wang e Zhang, ambos com vinte e dois artigos publicados, estão no segundo lugar do grupo de mais relevantes. Os autores Li, Liu e Murshed, publicaram 21, 20 e 19 artigos no tema de transição energética, respectivamente. No grupo, 9 autores têm origem chinesa, exceto Murshed (Bangladesh).

Figura 4. Autores de destaque (número de artigos conexos ao conceito de transição energética - 2019 a 2025)



Fonte: Autores (2025).

Os artigos foram publicados nos anos de 2020 (2 artigos), 2022 (5 artigos) e 2023 (3 artigos) indicando que é um tema relevante e atualmente discutido na comunidade científica. Apesar de recentemente publicados, os 4 primeiros artigos têm número relevante de citações (>100). 5 dos 10 artigos propõem estudar modelos para avaliar eficiência energética. Com o mais citado (303) apresentando modelos de dados combinando testes de estacionariedade e cointegração para avaliar relações de longo prazo entre intercâmbio de tecnologias de informação e variáveis energéticas e ambientais (Murshed et al., 2020) (Tabela 2).

Tabela 2. Os 10 artigos com maior impacto na publicação sobre transição energética

Autor	Inovação	Ano	NC
Murshed M.	Modelos de dados combinando testes de estacionariedade, cointegração e estimadores robustos para relações de longo prazo entre comércio de tecnologias de informação e comunicação e variáveis energéticas/ambientais	2020	303
Li Y.	Mediu a eficiência de emissões de carbono via modelo SE-SBM e analisou como o desenvolvimento das energias renováveis afetou essa eficiência em 32 países desenvolvidos	2022	280
Wang Q.	Utilizou um modelo de regressão, tendo como variável de limiar o grau de urbanização, para investigar como o uso de energias renováveis e não renováveis afetou de forma não linear a pegada ecológica e o crescimento econômico em 120 países	2022	213
Wang J.	Avaliou o impacto de uma política que cria cidades-módelo para o uso de nova energia na China, comparando o desempenho dessas cidades antes e depois da política, focando em melhorias na eficiência e sustentabilidade ambiental e econômica	2022	108
Wang Y.	Avaliou a desigualdade na produtividade da energia renovável em 35 países da OCDE e analisou como mudanças econômicas e conflitos influenciaram nesta desigualdade usando métodos estatísticos avançados	2022	93
Liu X.	Utilizou uma pesquisa detalhada com questionários presenciais, pesagem de combustíveis e análise estatística para entender fatores socioeconômicos e ambientais que influenciaram a transição energética na China	2022	91
Liu Y.	Revisão bibliográfica de artigos sobre economia de baixo carbono e circular para entender sua relação, usando análise estatística para reconhecer temas e propondo caminhos para práticas sustentáveis integradas	2023	74
Wang X.	Propôs um modelo de otimização robusta para planejar um sistema integrado de energia renovável com hidrogênio, considerando incertezas na disponibilidade de fontes e demandas, a fim de minimizar a emissão de carbono	2023	64
Zhang Y.	Usou um modelo para avaliar o impacto do projeto piloto de aquecimento limpo na China na qualidade do ar, comparando cidades piloto e não-piloto e observando quedas nos poluentes durante o inverno	2020	59
Wang H.	Usou modelos econôméticos avançados para analisar como energia renovável, governança ambiental e desenvolvimento humano influenciaram no crescimento verde nos países do BRICS	2023	45

A lista acima compartilha eixos temáticos principais, como foco em energia renovável e sustentabilidade, a preocupação ambiental e o contexto regional. Abordam um tema central: o impacto das atividades econômicas e do uso de energia no meio ambiente, especificamente na redução de emissões de carbono, qualidade do ar, pegada ecológica e crescimento da energia verde. Além disso, há um foco recorrente no estudo de casos e políticas na China. Todos os estudos empregam métodos de pesquisa rigorosos e tem como objetivo avaliar como uma variável afeta outra (por exemplo, energia renovável e eficiência de emissões). Apesar de os tópicos dos estudos abordarem o binômio energia e meio ambiente, os autores focam em aspectos específicos, como a desigualdade na produtividade da energia renovável, a governança e desenvolvimento humano. Assim, considerando o alto índice de publicações, principalmente nos últimos 3 anos, elaborou-se um mapa de colaboração entre países, considerando o WoS (Figura 5).

Figura 5. Mapa de colaboração global e produção científica

Fonte: Autores (2025). Azul escuro: nível significativo; azul claro: baixo nível; cinza: sem publicação.

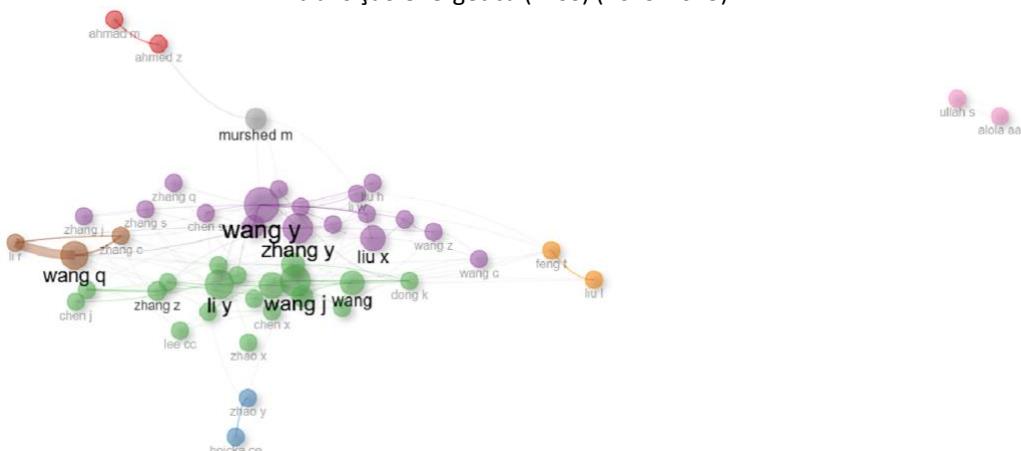


CC BY 4.0
DEED
Attribution 4.0
International

Demonstra-se que o país com maior quantidade de publicações é a China, (azul escuro), o que confirma que é o que mais investe em transição energética. Além disso, as linhas representam a colaboração internacional entre autores de diversas nacionalidades em um mesmo artigo, com isso, têm-se que a China está ligada a diversos países, assim como a Europa e Estados Unidos da América (EUA). Já o Brasil, expõe uma baixa ligação, e baixo índice de publicações. A liderança da China pode ser explicada por fatores econômicos, culturais e políticas governamentais (Zhao et al., 2024; Chen et al., 2025). O país tem investimentos maciços e uma cultura acadêmica orientada para publicações internacionais, enquanto o Brasil não tem políticas de investimento e orçamento reduzido para pesquisas e desenvolvimento (P&D). No Brasil, a principal fonte de P&D são cláusulas da ANP (petróleo e gás) que não prioriza a transição energética, e outros setores como biocombustível e grandes geradoras de energia hidráulica que não investem maciçamente em pesquisa básica (Ferreira et al., 2022).

Considerando a base de dados compilada tem-se a possibilidade de analisar os autores que realizaram a maior quantidade de publicações científicas. Desta forma, é possível destacar os mais recorrentes, o que pode representar que possuem uma maior influência, de acordo com o tema aqui estudado. Assim, a partir da base de dados (WoS), avaliou-se a representação dos autores mais recorrentes e a colaboração entre os que mais surgem nas publicações, com ao menos duas colaborações entre si, considerando o período de estudo (Figura 6).

Figura 6. Mapa de cocitação dos autores de maior destaque - número de registros relacionado ao conceito de transição energética (WoS) (2019-2025)

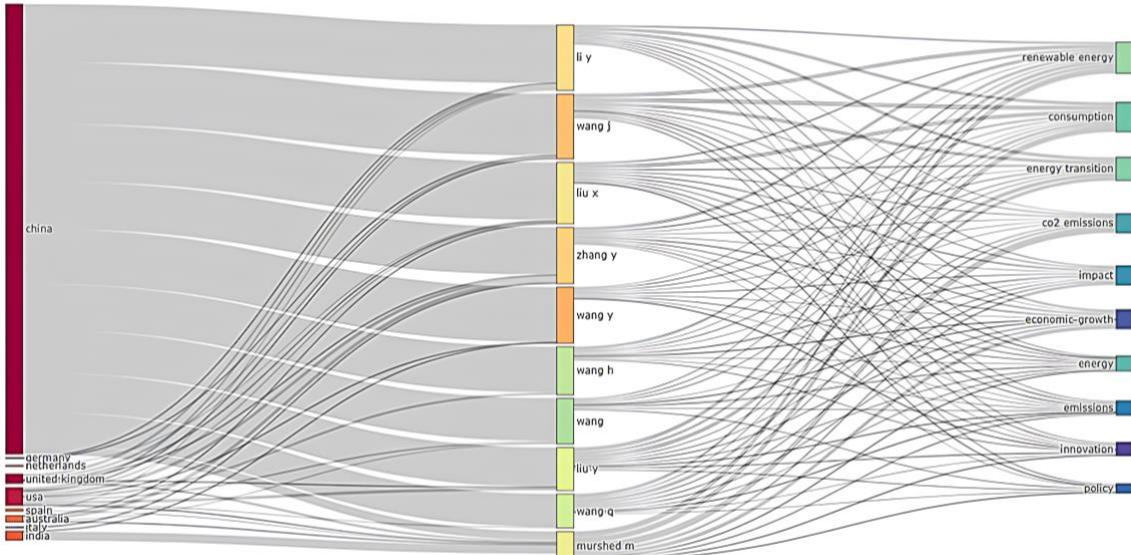


Fonte: Autores (2025). Espessura das linhas que conectam 2 autores indica coautoria (linhas mais grossas indicam mais artigos publicados) e agrupamento de cores são grupos com alto nível de colaboração.

Cada representação circular representa um autor, e quanto maior o tamanho do círculo, maior a influência desse autor para as produções científicas ou a centralidade desse autor. Já as linhas dispostas ao longo da figura representam os autores que publicaram juntos, ou seja, a cada publicação em conjunto, uma conexão é criada. Por fim, as cores de cada grupo de colaboração são definidas para grupo de autores que tendem a publicar juntos, ou seja, cores iguais significam autores que possuem artigos em conjunto. O agrupamento indicado em verde e em lilás é o mais relevante para se obter uma visão geral clara das palavras-chave presentes neste estudo. Assim, a construção da rede de cocitação (Figura 6) permite explorar a estrutura conceitual do domínio de pesquisa analisado.

Evidenciou-se relações entre países, autores mais produtivos e suas principais contribuições para pesquisas sobre transição energética (Figura 7). Retângulos de várias cores foram usados para representar os elementos relevantes no diagrama (autores, países e palavras-chave). Quanto maior o retângulo mais representativo o elemento e maior número de relações.

Figura 7. Relação entre países (esquerda), autores (centro), palavras-chave (direita) e conceito de transição energética (WoS) (2019-2025)

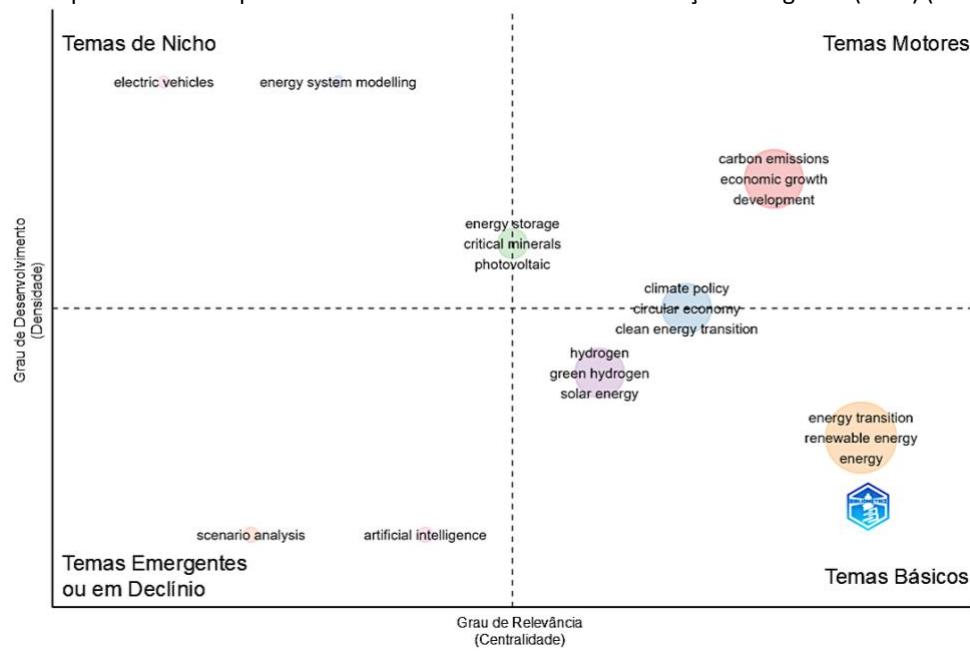


Fonte: Autores (2025).

Os resultados indicam que autores da China, EUA, Reino Unido e Alemanha têm os tópicos de pesquisa mais influentes sobre o tema e a distribuição dos valores para vários itens (países, autores e palavras-chave). A espessura das conexões (*links*) indica um fluxo expressivo de informações entre um conjunto de valores, notando-se que os autores, Li Y., Wang J., Wang Y., Zhang Y., Liu X. e Murshed M., são os mais relevantes e que mais contribuíram para a transição energética. Já as palavras-chave de maior influência foram: energia renovável; consumo; e transição energética.

Quanto a análise temática (Figura 8), que agrupou palavras-chave e interconexões para identificar tópicos, os temas foram caracterizados por propriedades (densidade e centralidade). A densidade representada no eixo vertical e a centralidade no eixo horizontal, sendo que as propriedades medem a relevância dos tópicos e os classificam como importantes ou secundários. Quanto maior o número de relações que um nó (tópico ou palavra-chave) tem com outros na rede temática, maior sua centralidade e importância.

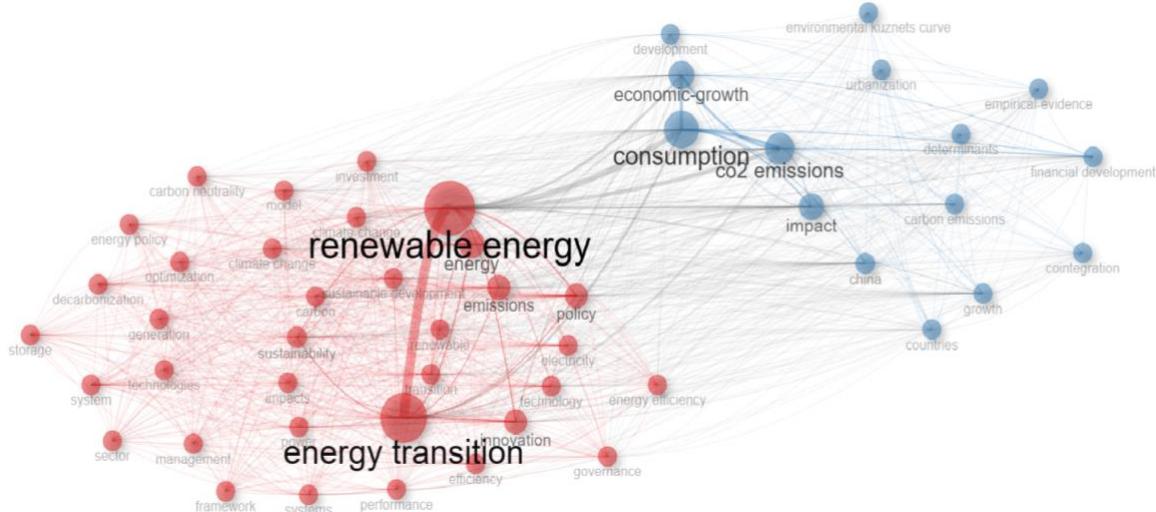
Figura 8. Mapa temático de palavras-chave sobre o conceito de transição energética (WoS) (2019-2025)



Fonte: Autores (2025).

A análise de ocorrência de palavras-chave é uma abordagem fundamental para compreender a estrutura temática de uma área de pesquisa. Por meio dela, é possível identificar os conceitos mais recorrentes e as conexões entre diferentes tópicos, revelando os eixos centrais que organizam o debate científico. Essa análise permite evidenciar quais são os temas emergentes, consolidados ou em declínio, o que também define os tópicos que tendem a crescer quando analisados de acordo com as publicações acadêmicas. A ocorrência dessas palavras-chaves quando analisada a base de dados exportada do WoS (Figura 9).

Figura 9. Rede de ocorrências palavras-chave com maior destaque no número de registros relacionado ao conceito de transição energética (WoS) (2019-2025)

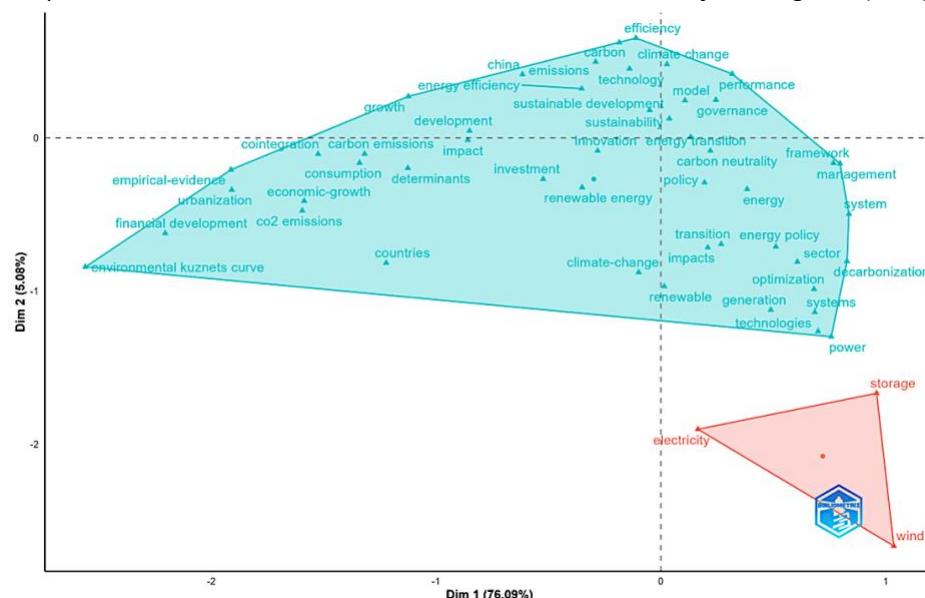


Fonte: Autores (2025). Círculos com cores semelhantes indicam um conjunto de palavras-chave relacionadas. O destaque dos círculos e textos em cada agrupamento representa a força de sua coocorrência, enquanto a distância dos elementos e linhas mostra a relação e ligação entre diferentes palavras-chave.

A análise das palavras-chave permitiu compreender quais agendas estão sendo priorizadas pela comunidade científica e como elas se relacionam entre si, oferecendo uma visão estruturada da evolução conceitual do campo da transição energética. No presente estudo, verificou-se que os termos energia renováveis (*renewable energy*), transição energética (*energy transition*), emissão de CO₂ (*CO₂ emissions*) e consumo (*consumption*) destacam-se por sua recorrência e por atuarem como elementos de conexão entre diferentes abordagens teóricas e metodológicas. Isso corrobora os dados apresentados anteriormente, indicando que o tema é multidisciplinar e de abordagem ampla.

O mapa de estrutura conceitual, gerado pelo método MCA (Análise de Correspondência Múltipla), evidencia os agrupamentos de palavras que aparecem com frequência em periódicos e artigos sobre transição energética, mapeando a conexão entre as palavras por meio de agrupamento regional (Figura 10). As palavras são posicionadas de acordo com a Dimensão 1 (76,09%) e a Dimensão 2 (5,08%). Além disso, são organizadas de acordo com a proximidade entre elas, e pode representar conjuntos de conceitos distintos dentro do tópico da pesquisa. O mapa abaixo, o cluster 1 (área azul) apresenta uma maior variedade e o cluster 2 (área vermelho) a outro grupo de subáreas com temas relacionados, mas com conceitos distintos. As palavras-chave que se aproximam do ponto central indicam que receberam atenção especial nos últimos anos (Xie et al., 2020).

Figura 10. Mapa de estrutura conceitual relacionado ao conceito de transição energética (WoS) (2019-2025)



Fonte: Autores (2025)

Por fim, no cluster 1, que reúne o maior número, as palavras próximas umas das outras estão intimamente relacionadas e são mencionadas juntas nos artigos, enquanto as palavras distantes estão menos relacionadas. Neste cluster, as palavras sustentabilidade, inovação e transição energética são as mais relevantes. No cluster 2, as palavras vento, eletricidade e armazenamento estão próximas e relacionadas. Esta distribuição e a relação entre as palavras reflete o mapeamento e a frequências utilizada pelos pesquisadores em seus estudos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise realizada, pode-se concluir que a transição energética vem se tornando um tópico cada vez mais relevante no meio científico. O aumento considerável no número de publicações nos últimos anos demonstra não só o interesse em sustentabilidade e mudanças climáticas, mas também a necessidade urgente de soluções que integrem os fatores sociais, ambientais e econômicos, especialmente no que diz respeito à substituição de combustíveis fósseis por fontes de energia com menor emissão de gases de efeito estufa (GEE).

Por meio da análise permitiu-se identificar os autores mais frequentes, os países que mais publicam sobre o assunto e as colaborações internacionais. A participação significativa da China, EUA e de países europeus destaca o papel dessas nações na condução de pesquisas focadas na transição energética. Em contrapartida, a reduzida participação do Brasil indica uma lacuna significativa, principalmente ao levar em conta o potencial energético do país e sua variedade de fontes renováveis, o que intensifica a importância de promover a pesquisa nacional e de fortalecer a colaboração com centros internacionais de produção científica.

Além disso, a análise das palavras-chave permitiu compreender como o tema da transição energética tem sido tratado nas publicações, revelando a presença de abordagens variadas e interligadas. Essa variedade reforça o caráter multidisciplinar do assunto e a necessidade de estratégias amplas, que levem em conta não apenas as questões técnicas, mas também os impactos sociais e econômicos da mudança na matriz energética.

É importante considerar que o portal utilizado para pesquisa (*Web of Science*) e as palavras-chave em língua inglesa podem ter omitido grande parte das publicações em português de periódicos brasileiros. Além disso, os critérios para a escolha dos artigos para este estudo podem ter restringido a abrangência da análise apresentada. Portanto, considerando que o Brasil adota uma matriz energética renovável, sugere-se, para análises bibliométricas futuras, a investigação do tópico em periódicos brasileiros e banco de patentes.

Dessa forma, o presente trabalho contribui para a compreensão do cenário atual da produção científica sobre a transição energética, com destaque para os esforços internacionais voltados à redução das emissões de GEE. A bibliometria, nesse contexto, mostrou-se uma ferramenta útil para mapear o campo e identificar caminhos possíveis para estudos futuros. Investigações mais aprofundadas sobre a atuação de países em desenvolvimento, as barreiras para a implementação de energias renováveis e o papel das políticas públicas podem ampliar ainda mais a compreensão sobre os desafios e as possibilidades da transição energética em escala global.

AGRADECIMENTOS

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (número de bolsa 302545/2022-0/DT; 305744/2024-0/DT), Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado do Espírito Santo – FAPES (T.O. 757/2024; 437/2025; 431/2025; 1264/2024); e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código Financeiro 001.

REFERÊNCIAS

- Ahmed, N., Xinagyu, G., Alnafissa, M., Sikder, M., & Faye, B. (2025). Evaluating the impact of sustainable technology, resource utilization, and climate change on soil emissions: A CS-ARDL analysis of leading agricultural economies. *Cleaner Engineering and Technology*, 24, 100869. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2024.100869>
- Agência Internacional de Energia. (2024). Access and affordability. Recuperado de <https://www.iea.org/topics/access-and-affordability>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Barrera Giraldo, J. A., Galeano, D., Morales, D., & Trespalacios, A. (2025). Economic and policy assessment on nuclear energy for Latin America's energy transition. *Energy Policy*, 206, 114771. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2025.114771>
- Bassière, A., & Benatia, D. (2025). Moving forward blindly: Uncertainty, reliability, and the energy transition. *Energy Economics*, 151, 108883. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2025.108883>
- Bhushan, D., Hooda, S., & Mondal, P. (2025). Co-pyrolysis of biomass and plastic wastes and application of machine learning for modelling of the process: A comprehensive review. *Journal of the Energy Institute*, 119, 101973. <https://doi.org/10.1016/j.joei.2025.101973>
- Bjerke, J. W., López-Blanco, E., Tømmervik, H., Striberly, A., Davids, C., Ólafsdóttir, R., Karlsen, S. R., Sandström, P., Turunen, M., Rikkonen, T., Arneberg, M. K., Siikavuopio, S., Zinglersen, K., Lynge-Pedersen, K., Sandström, S., & Rautio, P. (2025). Nordic boreo-arctic lands under rapid climatic change: A review of recent and future trends and extreme events. *Earth-Science Reviews*, 261, 105012. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2024.105012>
- Boateng, S. A., Jiancheng, X., Karikari, F. A., Sackitey, G. M., & Moro, K. D. (2025). Resource dependencies, market concentration, trade barriers and green technology deployment: A comparative analysis of solar, wind, and hydropower installation patterns. Renewable Energy, 255, 123479. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.123479>
- Chen, W., Alharthi, M., Zhang, J., & Khan, I. (2024). The need for energy efficiency and economic prosperity in a sustainable environment. *Gondwana Research*, 127, 22–35. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.03.025>
- Chen, W.-B. (2025). Assessing global land-based solar-wind complementarity using high-resolution climate reanalysis for hybrid renewable energy design. *Energy Conversion and Management*, 343, 120267. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2025.120267>
- Chennaif, M., Maaouane, M., Zahboune, H., Elhafyani, M., & Zouggar, S. (2022). Tri-objective techno-economic sizing optimization of off-grid and on-grid renewable energy systems using electric system cascade extended analysis and system advisor model. *Applied Energy*, 305, 117844. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117844>
- Ciotta, M., de Assis Batista, L., Sant'anna, L. G., San Martin Cañas, S., Marques Magon, P., Costa, H. K., dos Santos, E. M., & Tassinari, C. C. G. (2025). Protocol for modeling integrated CO₂ geological storage hubs in offshore environments. *Sustainable Environment*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/27658511.2025.2556367>
- De-León Almaraz, S., Mai, T. M., Melendez, I. R., Loganathan, M. K., & Azzaro-Pantel, C. (2024). A holistic approach to assessing reliability in green hydrogen supply chains using mixed methods. *Technological Forecasting and Social Change*, 209, 123816. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123816>
- Ding, J., Liu, C., & Kandonga, G. A. (2020). Exploring the limitations of the h-index and h-type indexes in measuring the research performance of authors. *Scientometrics*, 122, 1303-1322. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03364-1>
- Dong, F., Li, Y., Gao, Y., Zhu, J., Qin, C., & Zhang, X. (2022). Energy transition and carbon neutrality: Exploring the non-linear impact of renewable energy development on carbon emission efficiency in developed countries. *Resources, Conservation and*

- Recycling*, 177, 106002. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.106002>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Dora, B. K., Bhat, S., Mitra, A., Ernst, D., Halinka, A., Zychma, D., & Sowa, P. (2025). The global electricity grid: A comprehensive review. *Energies*, 18(5), 1152. <https://doi.org/10.3390/en18051152>
- Ferreira, L. F., Santana, J. R. de, Rapini, M. S., & Moura, F. R. de. (2022). Financiamento à pesquisa em energia renovável no Brasil: uma análise a partir do Fundo Setorial de Energia. *Nova Economia*, 32(2), 505-537. Recuperado de <https://revistas.face.ufmg.br/index.php/novaecnologia/article/view/6984>
- Gangopadhyay, A., Seshadri, A. K., & Patil, B. (2024). Wind-solar-storage trade-offs in a decarbonizing electricity system. *Applied Energy*, 353(A), 121994. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.121994>
- Gao, Y., Hu, Z., Matsunami, Y., Qu, M., Chen, W.-A., & Liu, M. (2026). Optimizing renewable energy systems with hybrid action space reinforcement learning: A case study on achieving net zero energy in Japan. *Renewable Energy*, 256, 124493. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.124493>
- Gorayeb, A., Brannstrom, C., & Xavier, T. (2025). Counter-mapping reveals potential conflicts between offshore wind energy and traditional fishing communities in Brazil. *Energy Research & Social Science*, 127, 104302. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2025.104302>
- He, Z.-W., Lee, C.-C., & Sharma, S. S. (2025). The impact of geopolitical risks on the renewable energy transition. *Energy Economics*, 143, 108278. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2025.108278>
- Instituto de Energia e Meio Ambiente. (2024, agosto 15). Integração de energias renováveis ao sistema elétrico brasileiro. Recuperado de <https://energiaeambiente.org.br/e-possivel-integrar-a-crescente-energia-renovavel-a-actual-matriz-eletrica-brasileira-mostra-estudo-do-iema-20240815>
- International Energy Agency. (2023). *Patents and the energy transition: Global trends in clean energy technology innovation*. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/patents-and-the-energy-transition>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (H. Lee & J. Romero, Eds.). *IPCC*. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Jimenez Zabalaga, P., Limpens, G., Meyer, S., Thiran, P., Villarroel-Schneider, J., Cardozo, E., & Jeanmart, H. (2025). Towards a sustainable Bolivian energy system in 2050: The pathway for decarbonization under high renewable potential. *Energy*, 337, 138335. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.138335>
- Kerschbaum, A., Trentmann, L., Hanel, A., Fendt, S., & Spliethoff, H. (2025). Methods for analysing renewable energy potentials in energy system modelling: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 215, 115559. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.115559>
- Khosla, R., Kamat, A. S., & Narayananmurti, V. (2020). Successful clean energy technology transitions in emerging economies learning from India, China, and Brazil. *Progress in Energy*, 2(4), 043002. <https://doi.org/10.1088/2516-1083/abb52b>
- Lampis, A., Ibañez Martín, M. M., Zabaloy, M. F., Schirmer Soares, R., Guzowski, C., Sayuri Mandai, S., Benites Lazaro, L. L., G.L. Hermsdorff, S. M., & Bermann, C. (2022). Energy transition or energy diversification? Critical thoughts from Argentina and Brazil. *Energy Policy*, 171, 113246. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113246>
- Lazaro, L. L. B., & Soares, R. S. (2024). The energy quadrilemma challenges: Insights from the decentralized energy transition in Brazil. *Energy Research & Social Science*, 113, 103533. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103533>
- Leonzio, G., & Shah, N. (2025). Sustainability analysis of electrochemical direct air capture technologies. *RSC Sustainability*, 3, 4632-4650. <https://doi.org/10.1039/D5SU00227C>
- Li, R., Wang, X., & Wang, Q. (2022). Does renewable energy reduce ecological footprint at the expense of economic growth? An empirical analysis of 120 countries. *Journal of Cleaner Production*, 346, 131207. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131207>
- Liu, J., Sun, L., Zhu, X., Deng, H., Fan, Y., Huang, Q., & Huang, G. (2025). Effects of different annual irrigation strategies on soil water, salt, nitrogen leaching, and sunflower growth in saline soils of arid regions. *Agricultural Water Management*, 318, 109692. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109692>
- Ma, K., Gong, H., Wang, L., Fang, H., & Chen, W. (2025). Comparison of extreme heatwaves in southern China in August 2022 and 2024. *Atmospheric Research*, 321, 108116. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2025.108116>
- McKenzie, P., & Gawley, D. (2026). Evaluating the potential of solar PV to reduce energy costs in fuel poor households. *Renewable Energy*, 256, 124487. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.124487>
- Morais, F. H. M. de, Lira, M. A. T., & Lopes, W. G. R. (2025). Solar and groundwater resources assessment for the installation of photovoltaic pumping systems in the state of Piauí, Brazil. *Groundwater for Sustainable Development*, 29, 101443. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2025.101443>
- Mourot, F. M., Irvine, D. J., Remenyi, T. A., Hutley, L. B., Crosbie, R. S., & Moore, C. R. (2025). Producing hydrological projections under climate change: A groundwater-inclusive practical guide. *Earth's Future*,

- 13(8), e2025EF006316. <https://doi.org/10.1029/2025EF006316>
- Mudhee, K. H., Hilal, M. M., Alyami, M., Rendal, E., Algburi, S., Sameen, A. Z., Khurramov, A., Abboud, N. G., & Barakat, M. (2025). Assessing climate strategies of major energy corporations and examining projections in relation to Paris Agreement objectives within the framework of sustainable energy. *Unconventional Resources*, 5, 100127. <https://doi.org/10.1016/j.uncres.2024.100127>
- Murshed, M. (2020). An empirical analysis of the non-linear impacts of ICT-trade openness on renewable energy transition, energy efficiency, clean cooking fuel access and environmental sustainability in South Asia. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 36254-36281. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09497-3>
- Nurse, N., & Jansen, M. (2025). From the C-suite to the sea suite: Rethinking frontier offshore petroleum amid environmental, social, and governance (ESG) and climate change realities. *Energy Research & Social Science*, 129, 104349. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2025.104349>
- Oshiro, K., Fujimori, S., Hasegawa, T., Asayama, S., Shiraki, H., & Takahashi, K. (2023). Alternative, but expensive, energy transition scenario featuring carbon capture and utilization can preserve existing energy demand technologies. *One Earth*, 6(7), 872-883. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2023.06.005>
- Oyewole, K. A., Okedere, O. B., Rabiu, K. O., Alawode, K. O., & Oyelami, S. (2023). Carbon dioxide emission, mitigation and storage technologies pathways. *Sustainable Environment*, 9(1). <https://doi.org/10.1080/27658511.2023.2188760>
- Pielichowska, K., Szatkowska, M., & Pielichowski, K. (2025). Thermal energy storage in bio-inspired PCM-based systems. *Energies*, 18(13), 3548. <https://doi.org/10.3390/en18133548>
- Probst, B., Touboul, S., Glachant, M., & Dechezleprêtre, A. (2021). Global trends in the invention and diffusion of climate change mitigation technologies. *Nature Energy*, 6(11), 1077-1086. <https://doi.org/10.1038/s41560-021-00931-5>
- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. (2024). What is the sustainable energy transition and why is it key to tackling climate change? Recuperado de <https://climatepromise.undp.org/news-and-stories/what-sustainable-energy-transition-and-why-it-key-tackling-climate-change>
- Rekker, S., Chen, G., Heede, R., Ives, M. C., Wade, B., & Greig, C. (2023). Evaluating fossil fuel companies' alignment with 1.5 °C climate pathways. *Nature Climate Change*, 13(9), 927-934. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01734-0>
- Rice, R., Dias dos Santos, A., & Bryant, S. (2025). From green revolution to green technology: The unintended consequences of Brazil's ethanol program. *Canadian Journal of Latin American and Caribbean Studies*, 50(2), 236-257. <https://doi.org/10.1080/08263663.2025.2487013>
- Safdar, M., Siddique, N., Ur Rehman, S., Khan, S. Q., Khan, M. A., & Mahmood, K. (2025). Correlation between CiteScore and impact factor: A systematic review and meta-analysis. *Global Knowledge, Memory and Communication. Advance online publication*. <https://doi.org/10.1108/GKMC-06-2024-0362>
- Samra, R. M. A., & Ali, R. R. (2025). The Arab world at a crossroads: Assessing future risks under changing climate. *Environmental Sciences Europe*, 37, 130. <https://doi.org/10.1186/s12302-025-01162-1>
- Schulte, E., Scheller, F., Pasut, W., & Bruckner, T. (2022). Product traits, decision-makers, and household low-carbon technology adoptions: Moving beyond single empirical studies. *Energy Research & Social Science*, 83, 102313. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102313>
- Shen, G., Xiong, R., Tian, Y., Luo, Z., Jiangtulu, B., Meng, W., Du, W., Meng, J., Chen, Y., Xue, B., Wang, B., Duan, Y., Duo, J., Fan, F., Huang, L., Ju, T., Liu, F., Li, S., Liu, X., Li, Y., Wang, M., Nan, Y., Pan, B., Pan, Y., Wang, L., Zeng, E., Zhan, C., Chen, Y., Shen, H., Cheng, H., & Tao, S. (2022). Substantial transition to clean household energy mix in rural China. *National Science Review*, 9(7), nwac050. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwac050>
- Silva, J. S., & Beluco, A. (2019). Characterization of a feasibility space for a new technology: A case study of wave energy in southern Brazil. *Current Alternative Energy*, 2, 112-122. <https://doi.org/10.2174/1570178615666180830102336>
- Solano, E. S., & Affonso, C. M. (2025). Wind and solar-based green hydrogen potential in Brazil: Production, costs, and CO2 mitigations. *International Journal of Hydrogen Energy*, 172, 151212. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.151212>
- Sovacool, B. K., & Martiskainen, M. (2020). Hot transformations: Governing rapid and deep household heating transitions in China, Denmark, Finland and the United Kingdom. *Energy Policy*, 139, 111330. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111330>
- Tebaldi, R. (2025). Social protection and the climate crisis: The case of Brazil's emergency responses to the 2024 Rio Grande do Sul floods. *International Social Security Review*, 78(2-3), 123-144. <https://doi.org/10.1111/issr.70005>
- Tonetto, J. L., Pique, J. M., Rapetti, C., & Fochezatto, A. (2025). Municipal fiscal sustainability in the face of climate disasters: An analysis of the 2024 floods in southern Brazil. *Sustainability*, 17(5), 1827. <https://doi.org/10.3390/su17051827>
- Tostes, B., Heun, M. K., Henriques, S. T., Brockway, P. E., & Sousa, T. (2025). Insights from the evolution of transport technologies, 1800-2020: Energy use, transitions, and efficiency. *Applied Energy*, 401, 126561. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2025.126561>
- Ulpiani, G., Vettters, N., Thiel, C., & Florio, P. (2025). Cities towards zero emissions: A reality check on the

- assessment of co-benefits and trade-offs. *Sustainable Cities and Society*, 133, 106835. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106835>
- Urugo, M. M., Teka, T. A., Gemedo, H. F., Mersha, S., Tessema, A., Woldemariam, H. W., & Admassu, H. (2024). A comprehensive review of current approaches on food waste reduction strategies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(5), e70011. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70011>
- Wang, H., Peng, G., Luo, Y., & Du, H. (2023). Asymmetric influence of renewable energy, ecological governance, and human development on green growth of BRICS countries. *Renewable Energy*, 206, 1007-1019. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.12.125>
- Wang, Y., Song, M., Jia, M., Li, B., Fei, H., Zhang, Y., & Wang, X. (2023). Multi-objective distributionally robust optimization for hydrogen-involved total renewable energy CCHP planning under source-load uncertainties. *Applied Energy*, 342, 121212. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.121212>
- World Economic Forum. (2023). This is what the climate crisis is costing economies around the world. Recuperado de <https://www.weforum.org/agenda/2023/10/climate-change-economic-costs/>
- World Intellectual Property Organization. (2024). *WIPO IP Statistics Data Center: Patent applications for climate change mitigation technologies*. Recuperado de <https://www.wipo.int/ipstats/en/>
- World Meteorological Organization. (2023). Socioeconomic impacts and benefits. Recuperado de <https://wmo.int/topics/socioeconomic-impacts-and-benefits>
- Wu, N., & Lin, B. (2024). Impact assessment of climate disasters on China's financial stability: Evidence from China's provincial level. *Environmental Impact Assessment Review*, 106, 107527. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2024.107527>
- Wu, R., Li, Z., Qi, Z., Xu, J., Wei, Q., & Jin, J. (2025). Assessing environmental impacts of agricultural water table management: A global meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 320, 109833. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109833>
- Xie, H., Zhang, Y., Wu, Z., & Lv, T. (2020). A bibliometric analysis on land degradation: current status, development, and future directions. *Land*, 9(1), 28. <https://doi.org/10.3390/land9010028>
- Xie, J., Xia, Z., Tian, X., & Liu, Y. (2023). Nexus and synergy between the low-carbon economy and circular economy: a systematic and critical review. *Environmental Impact Assessment Review*, 100, 107077. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107077>
- Yang, X., Wang, W., Wu, H., Wang, J., Ran, Q., & Ren, S. (2021). The impact of the new energy demonstration city policy on the green total factor productivity of resource-based cities: Empirical evidence from a quasi-natural experiment in China. *Journal of Environmental Planning and Management*, 66(2), 293-326. <https://doi.org/10.1080/09640568.2021.1988529>
- Yin, C., Zhao, W., & Pereira, P. (2025). Ecosystem restoration along the "pattern-process-service-sustainability" path for achieving land degradation neutrality. *Landscape and Urban Planning*, 253, 105227. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2024.105227>
- Yuan, X., Wei, Y., & Yang, H. (2025). Wind-solar complementarity in the Northwest Pacific: Implications for renewable energy planning and policy guidance. *Applied Energy*, 401, 126600. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2025.126600>
- Zanotelli, C., & Silva, A. P. F. de C. (2024). A falácia da transição energética: O caso do Brasil e da Petrobras. *Geo Uerj*, 46, 1-35. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2024.87783>
- Zhang, Y., Li, W., & Wu, F. (2020). Does energy transition improve air quality? Evidence derived from China's Winter Clean Heating Pilot (WCHP) project. *Energy*, 206, 118130. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118130>
- Zhao, J., Sinha, A., Inuwa, N., Wang, Y., Murshed, M., & Abbasi, K. R. (2022). Does structural transformation in economy impact inequality in renewable energy productivity? Implications for sustainable development. *Renewable Energy*, 189, 853-864. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.03.050>
- Zhao, K., Liang, H., & Li, J. (2024). Understanding the growing contributions of China to leading international higher education journals. *Higher Education*, 88, 1851-1869. <https://doi.org/10.1007/s10734-024-01189-y>
- Zumofen, G., Stadelmann-Steffen, I., & Sträter, R. (2025). The influence of information format and framing on acceptance of energy storage technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 210, 115209. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.115209>
- Zupic, I., & Čater, T. (2015). Bibliometric methods in management and organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429-472. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>