

## TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS EM ENERGIA E TRANSPORTE: UMA REVISÃO

**HERIS COUTINHO VIEIRA**

UNB UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**MARCIO WILLIAM CELESTINO DOS SANTOS**

UNIVERSIDADE DE FORTALEZA - UNIFOR

**WILLIAM NEVES DA SILVA**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC

### Introdução

A transição para um modelo de desenvolvimento de baixo carbono constitui um dos maiores desafios globais do século XXI, situando os setores de energia e transporte no centro da agenda de sustentabilidade. Juntos, esses dois segmentos respondem por mais de 70% das emissões mundiais de gases de efeito estufa, o que exige inovações tecnológicas capazes de conciliar crescimento econômico, segurança energética e mitigação das mudanças climáticas (IEA, 2023). Nesse contexto, o debate sobre tecnologias sustentáveis tem se consolidado como eixo estratégico para o cumprimento das metas e Acordos.

### Problema de Pesquisa e Objetivo

Os veículos elétricos, híbridos e movidos a biocombustíveis, bem como soluções digitais para mobilidade urbana, constituem alternativas para reduzir a dependência de combustíveis fósseis. Com isso, o objetivo é mapear e analisar a produção científica relacionada à propriedade intelectual e sua aplicação no contexto da inovação tecnológica.

### Fundamentação Teórica

Essa análise foi conduzida por meio do software VOSviewer, no qual permite visualizar a formação de agrupamentos de temas de pesquisa inter-relacionados. Os clusters identificados refletem tanto os núcleos consolidados quanto as áreas emergentes do campo, oferecendo um panorama mais aprofundado da estrutura intelectual e temática da literatura sobre propriedade intelectual e inovação tecnológica.

### Metodologia

O processo metodológico envolveu a coleta de dados na base Web of Science, reconhecida pela ampla cobertura internacional e para contemplar a produção regional em português e espanhol. Após a coleta, os metadados foram tratados e padronizados, para eliminar as duplicidades, registros incompletos e inconsistências de indexação em nomes de autores, instituições e palavras-chave, de modo a garantir a consistência da amostra analisada.

### Análise e Discussão dos Resultados

A análise de clusters trás três grandes eixos de pesquisa interconectados. O primeiro cluster concentra-se na relação entre crescimento econômico, consumo de energia renovável e emissões de carbono; o segundo aborda a inovação, práticas de mercado e transições industriais; e o terceiro, de menor dimensão, destaca o papel do investimento estrangeiro e do capital humano na difusão de tecnologias sustentáveis. Essa configuração demonstra que a literatura não se limita a análises técnicas, mas articula dimensões econômicas, institucionais e sociais da transição para modelos de baixo carbono.

### Considerações Finais

Conclui-se, portanto, que a literatura científica avança no sentido de construir bases teóricas e empíricas sobre energia e transporte sustentáveis, mas ainda carece de abordagens mais integradas que articulem variáveis técnicas, econômicas e sociais. Além disso, a inclusão de perspectivas regionais, especialmente da América Latina, pode enriquecer a compreensão sobre como diferentes realidades enfrentam os desafios da transição energética. Ao sistematizar esse conhecimento, este estudo contribui não apenas para o avanço acadêmico, mas também para o desenho de políticas públicas.

### Referências

BARBIERI, J. C. et al. Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. *Revista de Administração de Empresas*, v. 50, n. 2, p. 146-154, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-75902010000200002>. ECOGESTÃO BRASIL. Uso de veículos elétricos: uma análise bibliométrica. *Revista Ecogestão Brasil*, v. 12, n. 30, p. 1-15, 2025. Disponível em: <https://revista.ecogestaoabrasil.net/v12n30/v12n30a38a.html>. EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional 2023: anobase 2022. Rio de Janeiro: EPE, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br>.

### Palavras Chave

Energia renovável, Mobilidade sustentável, Inovação tecnológica

### Agradecimento a órgão de fomento

Agradeço primeiramente a Deus pela sabedoria e discernimento concedidos ao longo deste trabalho. Expresso também minha gratidão aos organizadores do XXVII ENGEMA pela oportunidade de participar deste evento de grande relevância acadêmica e profissional, que contribui para a reflexão e o fortalecimento das práticas em sustentabilidade e gestão ambiental.

# TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS EM ENERGIA E TRANSPORTE: UMA REVISÃO

## RESUMO

Este estudo apresenta uma revisão bibliométrica da produção científica sobre tecnologias sustentáveis em energia e transporte no período de 2008 a 2024. A partir de dados coletados na base *Web of Science*, foram analisadas as tendências de publicação, a distribuição por países, áreas do conhecimento e os principais clusters temáticos. Os resultados indicam um crescimento expressivo da produção científica, sobretudo a partir de 2021, evidenciando a consolidação do campo. A China destaca-se como principal polo de produção, seguida por países europeus e emergentes, revelando acentuada concentração geográfica do conhecimento. As áreas de Combustíveis Energéticos e Economia predominam, confirmando o caráter interdisciplinar do tema. A análise de clusters identificou três eixos centrais: inovação e transições industriais, relação entre crescimento econômico, consumo de energias renováveis e emissões de carbono, e o papel do investimento estrangeiro e da governança. Os achados evidenciam lacunas no Sul Global e reforçam a necessidade de políticas e pesquisas mais integradas para a transição energética sustentável.

**Palavras-chaves:** Tecnologias sustentáveis; Energias renováveis; Transporte sustentável; Eco-inovação; Revisão bibliométrica.

## ABSTRACT

This study presents a bibliometric review of the scientific production on sustainable technologies in energy and transport between 2008 and 2024. Using data retrieved from the *Web of Science* database, the analysis mapped publication trends, leading countries, main areas of knowledge and thematic research clusters. The results indicate a significant growth in scientific output, especially after 2021, highlighting the consolidation of the field. China stands out as the main contributor, followed by emerging and European countries, revealing a marked geographical concentration of knowledge production. The areas of Energy Fuels and Economics dominate the publications, confirming the interdisciplinary nature of the theme. Cluster analysis revealed three main research axes: industrial innovation, economic growth and renewable energy consumption, and the role of foreign direct investment and institutional quality. The findings highlight persistent gaps regarding the Global South and reinforce the need for more integrated and inclusive approaches to support a just and sustainable energy transition.

**Key-words:** Sustainable technologies; Renewable energy; Sustainable transport; Eco-innovation; Bibliometric analysis.

# 1 INTRODUÇÃO

A transição para um modelo de desenvolvimento de baixo carbono constitui um dos maiores desafios globais do século XXI, situando os setores de energia e transporte no centro da agenda de sustentabilidade. Juntos, esses dois segmentos respondem por mais de 70% das emissões mundiais de gases de efeito estufa, o que exige inovações tecnológicas capazes de conciliar crescimento econômico, segurança energética e mitigação das mudanças climáticas (IEA, 2023). Nesse contexto, o debate sobre tecnologias sustentáveis tem se consolidado como eixo estratégico para o cumprimento das metas do Acordo de Paris e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial o ODS 7, que propõe energia limpa e acessível, e o ODS 11, voltado a cidades e comunidades sustentáveis (ONU, 2015).

A literatura científica recente tem ressaltado o papel das energias renováveis e da mobilidade sustentável como pilares da chamada transição energética justa. Fontes como a solar e a eólica, somadas ao avanço de baterias de lítio e ao hidrogênio verde, têm ampliado sua participação nas matrizes energéticas globais, reduzindo custos e tornando viável a expansão de sistemas de baixo carbono (Goldstein; Leal-Arca, 2021). No transporte, destacam-se os veículos elétricos e híbridos, os biocombustíveis e os sistemas inteligentes de mobilidade. Segundo o relatório *Global EV Outlook 2024*, as vendas de veículos elétricos atingiram 14 milhões de unidades em 2023, representando 18% das vendas globais de automóveis, com projeções de alcançar 45% até 2030 (IEA, 2024).

No Brasil, o debate sobre tecnologias sustentáveis apresenta singularidades. A matriz elétrica nacional é relativamente limpa, com mais de 80% de participação de fontes renováveis, sobretudo hidrelétricas (EPE, 2023). Entretanto, a forte dependência do transporte rodoviário movido a diesel e gasolina limita os avanços em mobilidade urbana sustentável. Apesar disso, iniciativas como o programa RenovaBio, o fortalecimento da indústria do etanol e a expansão da geração solar distribuída têm reforçado a imagem do país como um laboratório de soluções sustentáveis (Goldemberg; Lucon, 2012; MME, 2020). Todavia, a adoção em larga escala de ônibus elétricos e de infraestrutura de recarga ainda encontra barreiras regulatórias, financeiras e tecnológicas (WORLD BANK, 2022).

Além disso, do ponto de vista acadêmico, verifica-se um crescimento expressivo da produção científica dedicada às tecnologias sustentáveis em energia e transporte. Contudo, essa produção permanece fragmentada, tanto em termos de recorte geográfico quanto temático. Estudos de revisão demonstram que a maioria das publicações está concentrada em países desenvolvidos, relegando menor visibilidade às experiências do Sul Global (Kohler et al., 2019). Além disso, há predomínio de análises de caráter técnico, centradas em eficiência energética e emissões, em detrimento de abordagens interdisciplinares que contemplem dimensões sociais, institucionais e econômicas da difusão tecnológica (Marques; Santos, 2023; Tahir et al., 2025).

Diante desse panorama, justifica-se a realização de uma revisão bibliométrica sobre tecnologias sustentáveis em energia e transporte entre 2008 e 2024, de modo a mapear tendências, identificar lacunas e fornecer subsídios tanto para a formulação de políticas públicas quanto para estratégias empresariais alinhadas à Agenda 2030 da ONU (ONU, 2015). Assim, o problema de pesquisa que orienta este estudo pode ser sintetizado na seguinte questão: como a produção científica internacional e latino-americana tem abordado as tecnologias sustentáveis em energia e transporte nesse período, e quais tendências, lacunas e oportunidades podem ser identificadas por meio de uma análise bibliométrica.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O conceito de inovação sustentável tem adquirido centralidade no debate acadêmico e político à medida que cresce a urgência por soluções capazes de conciliar desenvolvimento econômico, justiça social e preservação ambiental. De acordo com Barbieri et al. (2010), esse tipo de inovação não se limita a criar novos produtos e processos, mas também deve promover benefícios sociais e reduzir impactos negativos ao meio ambiente. Nesse mesmo sentido, Kemp e Pearson (2007) introduziram o termo *eco-inovação* como uma vertente específica da inovação sustentável, associada à adoção de práticas organizacionais e tecnológicas que diminuam o uso de recursos naturais e a emissão de poluentes. Mais recentemente, Goldstein e Leal-Arcas (2021) reforçam que esse processo deve ser entendido como parte de uma transição sociotécnica, em que mudanças institucionais, regulatórias e culturais interagem com o desenvolvimento tecnológico.

A partir dessa concepção mais ampla, é possível compreender o papel das tecnologias renováveis de energia na promoção da sustentabilidade. Nos últimos anos, fontes como a solar, a eólica, a biomassa e o hidrogênio verde vêm ganhando espaço nos sistemas energéticos globais. Esse avanço decorre não apenas da redução dos custos tecnológicos, mas também de políticas de incentivo em escala internacional (IEA, 2023). Além de contribuir para a mitigação das emissões de carbono, essas fontes fortalecem a segurança energética e diversificam as matrizes nacionais.

De forma complementar, o campo dos transportes sustentáveis desponta como um dos grandes desafios da agenda climática. Os veículos elétricos, híbridos e movidos a biocombustíveis, bem como soluções digitais para mobilidade urbana, constituem alternativas para reduzir a dependência de combustíveis fósseis. O *Global EV Outlook 2024* aponta que, em 2023, as vendas globais de veículos elétricos chegaram a 14 milhões de unidades, o equivalente a 18% das vendas de automóveis, com projeções que podem alcançar 45% até 2030 (IEA, 2024). No caso brasileiro, o setor de biocombustíveis consolidou-se como referência internacional, sobretudo pela experiência com o etanol. Contudo, a penetração dos veículos elétricos ainda é tímida, devido a barreiras regulatórias, financeiras e à limitada infraestrutura de recarga (WORLD BANK, 2022). Estudos recentes, como o de Tahir et al. (2025), indicam que a integração entre a mobilidade elétrica e as fontes renováveis pode constituir um caminho promissor, mas depende de políticas públicas consistentes e de maior engajamento do setor privado.

## 3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo consiste em uma revisão bibliométrica, com o objetivo de mapear e analisar a produção científica relacionada às tecnologias sustentáveis na área de energia e transporte, de modo mais específico, aplicada à inovação tecnológica. A revisão bibliométrica foi escolhida por sua capacidade de sistematizar grandes volumes de informação, permitindo identificar tendências de pesquisa, autores-chave, periódicos de maior relevância e lacunas no campo, ao fornecer uma visão abrangente sobre o estado atual do conhecimento e apontando áreas que necessitam de maior aprofundamento (Donthu et al., 2021).

O processo metodológico envolveu a coleta de dados na base *Web of Science*, reconhecida pela ampla cobertura internacional e para contemplar a produção regional em português e espanhol. Após a coleta, os metadados foram tratados e padronizados, para eliminar as duplicidades, registros incompletos e inconsistências de indexação em nomes de autores,

instituições e palavras-chave, de modo a garantir a consistência da amostra analisada. Os descritores de busca encontram-se no Quadro 1.

Quadro 1: Descritores da pesquisa

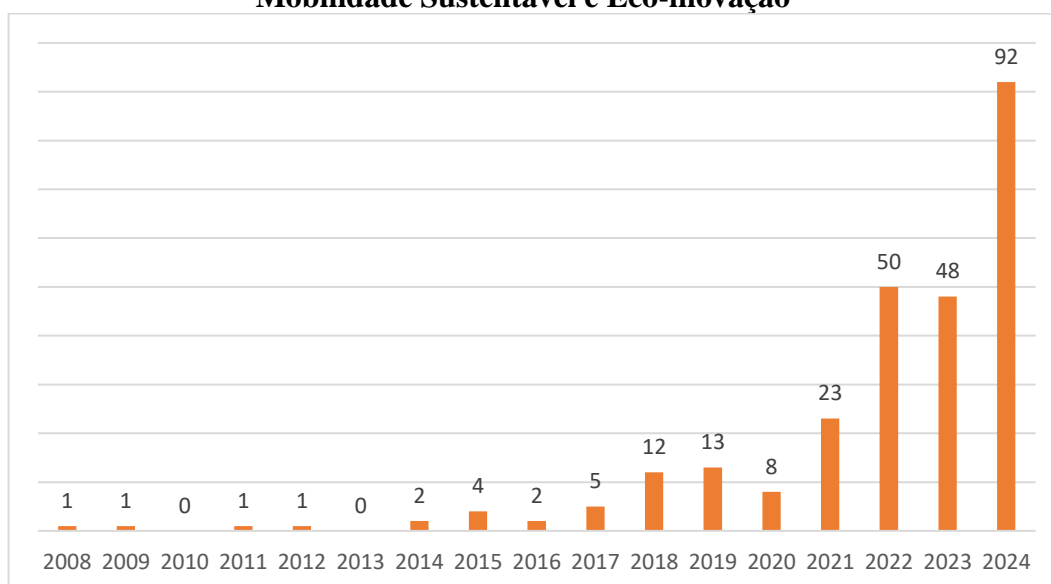
TS=("renewable energy" OR "clean energy" OR "low carbon energy" OR "sustainable mobility" OR "sustainable transport" OR "green transport") AND TS=("eco-innovation" OR "green innovation" OR "sustainable innovation" OR "technological transition")

Na etapa seguinte, foi realizada a análise de clusters temáticos, com base em técnicas de co-ocorrência de palavras-chave e cocitação de autores. Essa análise foi conduzida por meio do software *VOSviewer*, no qual permite visualizar a formação de agrupamentos de temas de pesquisa inter-relacionados. Os clusters identificados refletem tanto os núcleos consolidados quanto as áreas emergentes do campo, oferecendo um panorama mais aprofundado da estrutura intelectual e temática da literatura sobre propriedade intelectual e inovação tecnológica.

## 4 RESULTADOS

A evolução temporal da produção científica é um indicador relevante para compreender a consolidação de um campo de pesquisa, seus momentos de inflexão e sua atual centralidade nos debates acadêmicos. O Gráfico 1 ilustra a distribuição anual de publicações ao longo do período de 2008 a 2024, permitindo observar com precisão o ritmo de crescimento da temática investigada, bem como os momentos de maior expansão na produção do conhecimento.

**Gráfico 1: Evolução Anual da Produção Científica sobre Energias Sustentáveis, Mobilidade Sustentável e Eco-inovação**



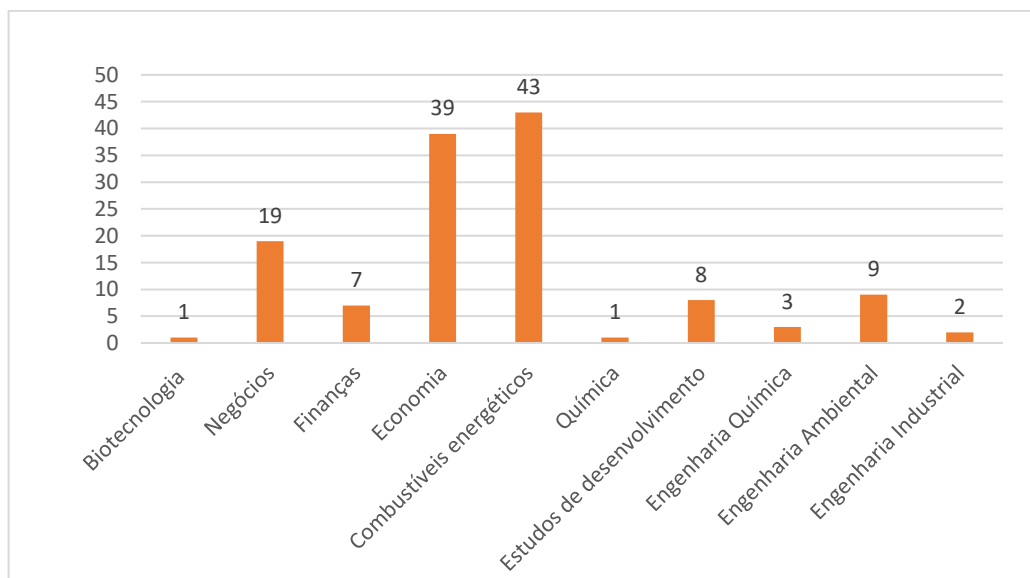
A análise da produção científica ao longo do período de 2008 a 2024 evidencia a trajetória de consolidação do campo investigado. Nos anos iniciais, entre 2008 e 2013, observa-se uma baixa densidade de publicações, com registros nulos ou pontuais, variando entre 0 e 1 artigo por ano, o que indica que a temática ainda se encontrava em fase embrionária na literatura científica.

A partir de 2014, identifica-se o início de um crescimento gradual, com 2 publicações em 2014 e 4 em 2015, seguido por uma leve oscilação em 2016 (2 publicações) e nova elevação em 2017 (5 publicações). Esse comportamento sugere a formação inicial de um núcleo de pesquisadores e o aumento progressivo do interesse acadêmico pelo tema. O período compreendido entre 2018 e 2019 marca uma mudança de patamar na produção científica, com 12 e 13 publicações, respectivamente, sinalizando a transição da fase exploratória para um estágio de consolidação do campo. Em 2020, verifica-se uma redução temporária para 8 publicações, possivelmente relacionada a fatores conjunturais de escala global, que impactaram a dinâmica da pesquisa científica.

No entanto, a partir de 2021, observa-se uma fase de crescimento acelerado e sustentado da produção, com 23 publicações em 2021, 50 em 2022, 48 em 2023 e um máximo histórico em 2024, com 92 publicações. Esse padrão revela a acentuada expansão do campo, indicando sua elevada relevância científica contemporânea, associada à ampliação das agendas de pesquisa, ao fortalecimento de políticas públicas correlatas e ao aumento do financiamento e da cooperação científica internacional.

No Gráfico 2, a distribuição da produção científica por país revela forte concentração na China, que lidera amplamente com cerca de 90 publicações, evidenciando seu papel central na pesquisa sobre energias sustentáveis, mobilidade sustentável e eco-inovação. Em segundo plano, destaca-se o Paquistão, com aproximadamente 35 publicações, seguido por Arábia Saudita (~20), Inglaterra (~18), Itália (~18) e Polônia (~17). Holanda, Índia, Espanha e Suécia apresentam participação semelhante, entre 13 e 15 publicações. O padrão indica assimetria geográfica da produção científica, com liderança asiática, especialmente chinesa, e participação secundária de países europeus e emergentes.

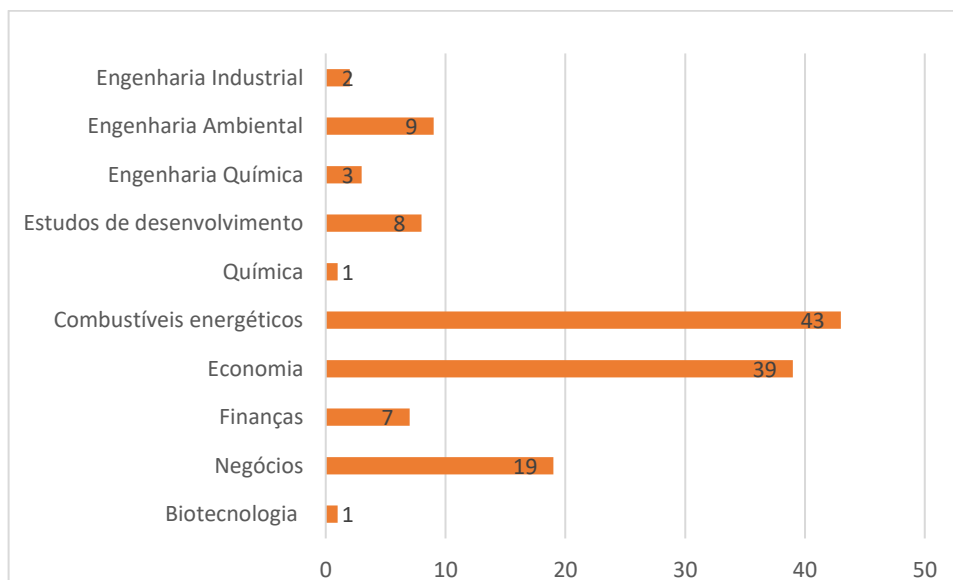
**Gráfico 2: Distribuição da Produção Científica por País**



Por fim, o Gráfico 3 mostra a distribuição das publicações por área do conhecimento evidencia o caráter marcadamente interdisciplinar das pesquisas sobre energias sustentáveis, mobilidade sustentável e eco-inovação, com forte predominância das ciências econômicas e dos estudos energéticos. Os resultados confirmam que o debate científico não se restringe ao campo tecnológico, mas se estrutura de forma integrada entre economia, energia, negócios e

engenharia, refletindo a complexidade dos processos de transição energética e inovação sustentável.

**Gráfico 3: Distribuição das publicações por área do conhecimento**



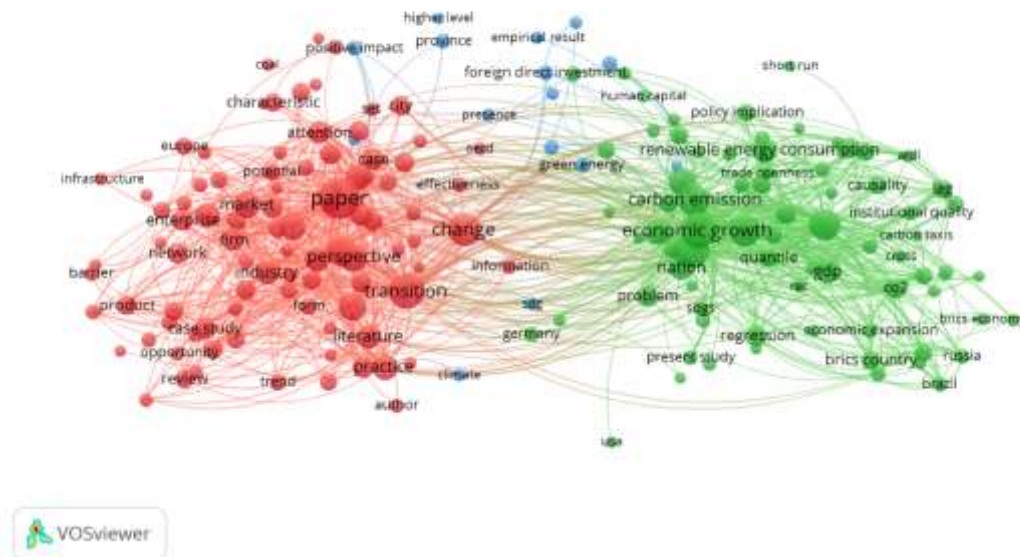
O gráfico 3 demonstra que a maior concentração de publicações ocorre nas áreas de Combustíveis energéticos (43) e Economia (39), indicando que o tema tem sido tratado prioritariamente sob as perspectivas energética e econômica. Em seguida, destacam-se Negócios (19) e Engenharia Ambiental (9), revelando a relevância da gestão, da inovação organizacional e dos impactos ambientais no debate científico. As áreas de Estudos de desenvolvimento (8) e Finanças (7) apresentam participação intermediária, sugerindo a incorporação crescente de análises voltadas ao desenvolvimento sustentável e aos instrumentos financeiros verdes. Por outro lado, Engenharia Química (3), Engenharia Industrial (2), Química (1) e Biotecnologia (1) exibem participação residual, indicando que, embora presentes, essas áreas têm atuação ainda limitada no conjunto da produção analisada.

Em síntese, os dados revelam que a produção científica sobre o tema é hegemonicamente orientada pelas ciências econômicas e energéticas, com menor protagonismo das ciências estritamente tecnológicas e experimentais.

#### 4.1 Análise de Clusters

Os resultados da análise de clusters revelam a existência de três grandes eixos de pesquisa interconectados. Na Figura 1, o primeiro cluster concentra-se na relação entre crescimento econômico, consumo de energia renovável e emissões de carbono; o segundo aborda a inovação, práticas de mercado e transições industriais; e o terceiro, de menor dimensão, destaca o papel do investimento estrangeiro e do capital humano na difusão de tecnologias sustentáveis. Essa configuração demonstra que a literatura não se limita a análises técnicas, mas articula dimensões econômicas, institucionais e sociais da transição para modelos de baixo carbono.

Figura 1 – Mapeamento de co-ocorrência de palavras-chave



Fonte: Elaborado pelos autores.

O primeiro cluster, identificado em vermelho, concentra-se em torno da inovação, das práticas de mercado e das transições industriais. Esse grupo reúne os estudos que discutem como empresas e setores econômicos reagem à pressão por sustentabilidade, incorporando tecnologias limpas e novos modelos de negócio. A presença de termos como *market*, *firm*, *industry* e *network* evidencia a preocupação com a dinâmica empresarial e as redes de colaboração que possibilitam a difusão de inovações. Nesse sentido, os resultados dialogam com a realidade de países emergentes, como o Brasil, onde iniciativas de inovação aberta e parcerias público-privadas vêm sendo adotadas para estimular a produção de biocombustíveis, veículos híbridos e soluções em eficiência energética. Contudo, observa-se que a adoção de tecnologias sustentáveis é desigual entre setores e empresas, refletindo barreiras financeiras e regulatórias que ainda limitam a transição industrial no Sul Global.

O segundo cluster, representado em verde, aprofunda essa discussão ao destacar a relação entre crescimento econômico, consumo de energia renovável e emissões de carbono. Palavras-chave como *economic growth*, *renewable energy consumption*, *GDP*, *carbon emissions* e *policy implication* apontam para a predominância de análises quantitativas, baseadas em modelos econométricos, que avaliam a contribuição das energias renováveis para o desenvolvimento econômico. Além disso, esses estudos frequentemente testam hipóteses relacionadas à Curva de Kuznets Ambiental, buscando verificar se é possível compatibilizar crescimento econômico e redução de emissões. No caso brasileiro, essa discussão é particularmente relevante: embora a matriz elétrica seja majoritariamente renovável, com expansão da energia solar e eólica (EPE, 2023), persistem contradições associadas ao transporte rodoviário movido a combustíveis fósseis e à expansão da fronteira agrícola. Portanto, o cluster verde traz à tona um dilema fundamental: como equilibrar competitividade econômica, segurança energética e mitigação climática em países em desenvolvimento.

De forma complementar, o terceiro cluster, em azul, embora menor em extensão, desempenha um papel estratégico como ponte temática entre os demais eixos. Esse grupo enfatiza o impacto do investimento estrangeiro direto, da governança institucional e do capital humano na difusão de tecnologias sustentáveis. Termos como *foreign direct investment*, *human*

*capital e institutional quality* revelam que parte da literatura examina como fluxos de capitais internacionais, políticas de financiamento verde e qualificação da mão de obra podem acelerar a transição para uma economia de baixo carbono. Nesse contexto, a realidade latino-americana ilustra bem a relevância desses fatores: em países como o Brasil, a difusão de veículos elétricos e o desenvolvimento de infraestrutura de recarga dependem fortemente de investimentos externos e de programas de cooperação internacional.

Em síntese, os três clusters evidenciam que a literatura científica sobre energia e transporte sustentáveis não se restringe a questões técnicas, mas abrange dimensões econômicas, institucionais e sociais. Enquanto o cluster vermelho reforça a importância da inovação empresarial e da transição industrial, o verde problematiza a relação entre crescimento econômico e mitigação climática, e o azul ressalta os condicionantes de investimento e governança. Assim, a configuração encontrada confirma o caráter multidimensional da transição para uma economia de baixo carbono, revelando que avanços significativos nesse campo dependem não apenas da adoção de tecnologias renováveis, mas também da criação de marcos regulatórios consistentes, políticas públicas inclusivas e mecanismos de financiamento que viabilizem a transformação socioeconômica, sobretudo em países do Sul Global.

À luz dos resultados desta revisão bibliométrica, torna-se evidente a necessidade de que pesquisas futuras ampliem a cobertura sobre o Sul Global, especialmente América Latina e África, regiões ainda sub-representadas na literatura internacional. Essa lacuna limita a compreensão de como condicionantes institucionais, barreiras estruturais e restrições financeiras influenciam a difusão de tecnologias sustentáveis em contextos de desigualdade social e econômica. Ademais, observa-se o predomínio de abordagens estritamente quantitativas, centradas em eficiência energética e emissões de carbono, o que aponta para a importância de investigações interdisciplinares capazes de integrar variáveis tecnológicas, econômicas, sociais e culturais. Nesse sentido, recomenda-se o desenvolvimento de estudos que explorem a eficácia de políticas públicas inclusivas, instrumentos de financiamento verde, modelos de governança multinível e iniciativas de inovação social, de modo a oferecer respostas mais abrangentes e aplicáveis aos desafios da transição energética. Complementarmente, pesquisas comparativas entre países e setores produtivos distintos podem revelar padrões de sucesso e entraves recorrentes, ao fornecer subsídios valiosos para o desenho de estratégias de mobilidade sustentável e de expansão das energias renováveis, alinhadas a uma transição justa e equitativa.

## 5 CONCLUSÃO

A revisão bibliométrica realizada entre 2008 e 2024 permitiu mapear a evolução da produção científica sobre tecnologias sustentáveis em energia e transporte, identificando tendências, lacunas e oportunidades de investigação. A análise de clusters revelou três grandes eixos interconectados: a inovação empresarial e as transições industriais, a relação entre crescimento econômico, energias renováveis e emissões de carbono, e o papel do investimento estrangeiro, da governança e do capital humano na difusão de práticas sustentáveis. Essa configuração evidencia que o debate acadêmico sobre sustentabilidade não se limita ao campo tecnológico, mas integra dimensões econômicas, sociais e institucionais, refletindo o caráter multidimensional da transição para uma economia de baixo carbono.

Os resultados mostram que, embora haja consolidação de estudos em países desenvolvidos, as experiências do Sul Global ainda são sub-representadas, o que reforça a necessidade de ampliar o olhar sobre contextos latino-americanos. No Brasil, em particular, a predominância de uma matriz elétrica renovável contrasta com os desafios do setor de transportes, marcado pela dependência de combustíveis fósseis e pela baixa difusão de veículos

elétricos. Nesse cenário, políticas públicas robustas, investimentos externos e parcerias institucionais emergem como condições fundamentais para acelerar a inovação sustentável.

Conclui-se, portanto, que a literatura científica avança no sentido de construir bases teóricas e empíricas sobre energia e transporte sustentáveis, mas ainda carece de abordagens mais integradas que articulem variáveis técnicas, econômicas e sociais. Além disso, a inclusão de perspectivas regionais, especialmente da América Latina, pode enriquecer a compreensão sobre como diferentes realidades enfrentam os desafios da transição energética. Ao sistematizar esse conhecimento, este estudo contribui não apenas para o avanço acadêmico, mas também para o desenho de políticas públicas e estratégias empresariais alinhadas à Agenda 2030 da ONU, reforçando a importância de uma transição energética justa, inclusiva e globalmente equilibrada.

## REFERÊNCIAS

BARBIERI, J. C. et al. Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. *Revista de Administração de Empresas*, v. 50, n. 2, p. 146-154, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-75902010000200002>.

ECOGESTÃO BRASIL. Uso de veículos elétricos: uma análise bibliométrica. *Revista Ecogestão Brasil*, v. 12, n. 30, p. 1-15, 2025. Disponível em: <https://revista.ecogestaobrasil.net/v12n30/v12n30a38a.html>.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Balanco Energético Nacional 2023: ano-base 2022*. Rio de Janeiro: EPE, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br>.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. *Energia e meio ambiente no Brasil*. São Paulo: EDUSP, 2012.

GOLDSTEIN, A.; LEAL-ARCAS, R. Sustainable energy innovation. *Energy Policy*, v. 158, 2021.

GOLDSTEIN, A.; LEAL-ARCAS, R. Sustainable energy innovation. *Energy Policy*, v. 158, p. 112–124, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112124>.

IEA. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Global EV Outlook 2024*. Paris: IEA, 2024.

IEA. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World Energy Outlook 2023*. Paris: IEA, 2023.

KEMP, R.; PEARSON, P. Final report MEI project about measuring eco-innovation. Maastricht: UM-MERIT, 2007.

KÖHLER, J. et al. An agenda for sustainability transitions research: State of the art and future directions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, v. 31, p. 1–32, 2019.

MACHADO, L. A.; ÁVILA, M. F.; CARVALHO JR., A. Análise bibliométrica do biometano no Brasil. *Energies*, v. 17, n. 12, p. 2920, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/en17122920>.

MARQUES, L. S.; SANTOS, R. A bibliometric study on the nexus of economic growth and renewable energy in Brazil. *Renewable Energy Research Journal*, v. 45, n. 2, p. 233-250, 2023. Disponível em:  
[https://www.researchgate.net/publication/369386319\\_A\\_Bibliometric\\_Study\\_on\\_the\\_Nexus\\_of\\_Economic\\_Growth\\_and\\_Renewable\\_Energy\\_in\\_Brazil](https://www.researchgate.net/publication/369386319_A_Bibliometric_Study_on_the_Nexus_of_Economic_Growth_and_Renewable_Energy_in_Brazil).

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Plano Nacional de Energia 2050*. Brasília: MME, 2020.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Nova Iorque: ONU, 2015.

TAHIR, N. et al. Electric vehicles and renewable energy for sustainable transportation system in Brazil: a multi-faceted perspective. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, v. 66, p. 102010, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2025.102010>.

WORLD BANK. *Electric Mobility Program in Latin America*. Washington: World Bank, 2022.