

## ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA SEGURANÇA OCUPACIONAL NA LOGÍSTICA DE TRANSPORTES DE BIOCOMBUSTÍVEIS

Jordan Pinto Guimarães<sup>(1)</sup>,  
Juliana Lobo Paes<sup>(2)</sup>  
Joel Carlos Zukowski Junior<sup>(3)</sup>

**Resumo** – A transição energética global tem reforçado o papel estratégico dos biocombustíveis como alternativa para a descarbonização, ampliando significativamente sua cadeia de produção e distribuição. Entretanto, a logística desses materiais, que inclui o transporte de etanol, biodiesel e biogás, envolve riscos ocupacionais devido às características inflamáveis e potencialmente tóxicas desses produtos, tornando a segurança do trabalho um elemento fundamental para a sustentabilidade do setor. Diante disso, objetivou-se com a pesquisa realizar análise bibliométrica sobre a intersecção dos temas logística, transporte, biocombustíveis (incluindo biogás) e segurança no trabalho. Para tal, foi realizada uma busca na base de dados Scopus, utilizando a string `logistics AND transport AND (biofuel OR biogas) AND (work safety OR occupational safety)`. Como resultado obteve-se 509 trabalhos científicos no período de 2000 a 2025. A análise foi conduzida no software VOSviewer, com identificação de redes de colaboração científica, coocorrência de palavras-chave, autores e países mais influentes, além da evolução temporal das publicações. Observou-se aumento significativo das publicações após 2020. A análise de palavras-chave e citações evidenciou a formação de três clusters temáticos relativamente independentes: (i) logística de biocombustíveis, (ii) estudos específicos sobre biogás e (iii) pesquisas sobre segurança no trabalho, estas frequentemente relacionadas ao setor médico. Assim, observou-se baixa integração entre os eixos logística–biocombustíveis–segurança ocupacional. Conclui-se que há uma lacuna científica consistente na abordagem integrada desses temas, indicando um campo promissor para pesquisas futuras, especialmente em estudos aplicados à cadeia produtiva de biocombustíveis no contexto da transição energética.

**Palavras-chave:** Biogás; trabalho; transição energética.

### Introdução

A busca por fontes de energia renováveis, impulsionada pela necessidade de mitigação das mudanças climáticas, consolidou os biocombustíveis como uma alternativa estratégica aos combustíveis fósseis (KHAYAL, 2025). A expansão de biocombustíveis avançados, como o biogás e o Combustível Sustentável de Aviação (SAF), é uma realidade em diversos países, exigindo uma cadeia de suprimentos cada vez mais complexa e eficiente (EASA, 2025).

Nesse contexto, a logística desempenha papel vital, não apenas na viabilidade econômica, mas também no balanço energético e ambiental da produção. Estudos de Análise de Ciclo de Vida (ACV) demonstram que a distância e a eficiência do transporte dos insumos e do produto final impactam diretamente a pegada de carbono do biocombustível (SANTOSA et al., 2025; REHL; MULLER, 2011).

Contudo, a cadeia logística de biocombustíveis desde a coleta da biomassa até sua distribuição envolve o manuseio e transporte de produtos perigosos.

<sup>1</sup> Mestrando no Programa de Pós-graduação em Agroenergia Digital da Universidade Federal do Tocantins. jordann13guimaraea@gmail.com. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9567730835913697>

<sup>2</sup> Professora no Programa de Pós-graduação em Agroenergia Digital da Universidade Federal do Tocantins. juliana.lobop@gmail.com. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8567579362150921>

<sup>3</sup> Professor no Programa de Pós-graduação em Agroenergia Digital da Universidade Federal do Tocantins. zukajr@gmail.com. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0062084279231594>

Biocombustíveis líquidos são inflamáveis, e o biogás, transportado sob pressão, apresenta riscos de explosividade e asfixia. Este cenário coloca a Segurança e Saúde no Trabalho (SST) como um pilar indeclinável para a sustentabilidade social e operacional do setor.

Apesar da relevância, percebe-se uma aparente dissociação na literatura estudos focados na otimização logística raramente aprofundam a gestão de riscos ocupacionais, enquanto estudos de SST frequentemente se concentram na produção industrial, negligenciando a fase de transporte.

Diante disso, objetivou-se, com este estudo, realizar uma análise bibliométrica para mapear e quantificar a produção científica, bem como compreender como as áreas de logística, biocombustíveis e segurança ocupacional têm se relacionado ao longo do tempo.

## Métodos

Este estudo seguiu uma abordagem bibliométrica estruturada em coleta dos documentos na base Scopus e processamento e análise das informações obtidas. Na etapa.

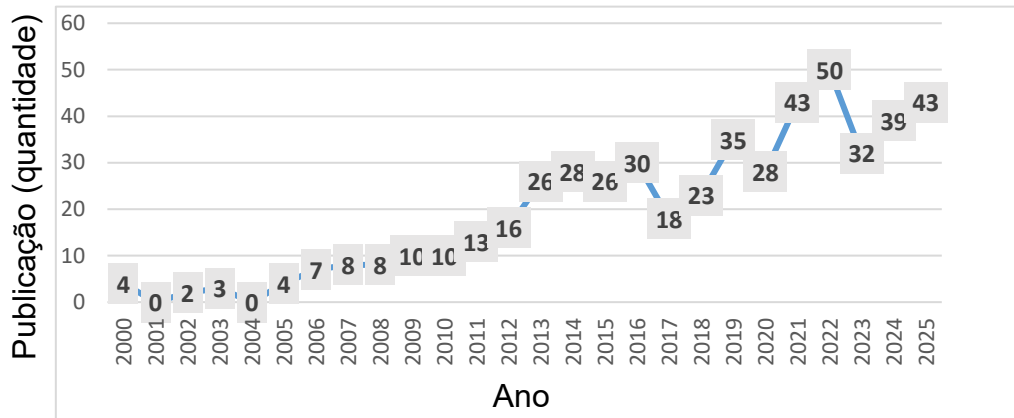
A busca foi realizada na base de dados Scopus em 22 de outubro de 2025. A Scopus foi selecionada devido à sua abrangência multidisciplinar e à ampla utilização em estudos bibliométricos. A string de busca utilizada foi *logistics AND transport AND (biofuel OR biogas) AND (work safety OR occupational safety)*. A seleção de termos buscou abranger tanto a logística de biocombustíveis sólidos e líquidos (*biofuel*) quanto gasosos (Biogás), além de incluir o termo central de segurança ocupacional (*work safety*). A utilização dos operadores booleanos AND e OR foi definida para capturar documentos que contenham os termos de logística e transporte ligados a qualquer um dos três tópicos subsequentes. A pesquisa foi restrita aos tipos de documentos Article e Conference Paper, sem filtragem inicial por idioma ou país, a fim de permitir uma visão abrangente da evolução do tema no campo científico.

Os documentos foram exportados da Scopus em formato Research Information Systems (.RIS), e processados no software VOSviewer (VAN ECK, WALTMAN, 2010) para análise de coocorrência de palavras-chave, redes de coautoria e citação de autores. As estatísticas descritivas (evolução temporal, distribuição por país e citações) foram organizadas no Microsoft Excel®, que também foi utilizado para elaboração dos gráficos. A opção por não aplicar filtros temáticos adicionais após a busca foi adotada para preservar a diversidade da literatura recuperada, contudo, reconhece-se que essa escolha pode resultar em clusters temáticos menos integrados, sendo esta uma limitação deste estudo.

## Resultados e Discussão

No total, foram recuperados 509 documentos. A distribuição temporal das publicações (Figura 1) demonstrou interesse científico crescente e sustentado pelos temas da pesquisa. Embora haja publicações desde o ano 2000, observa-se uma aceleração significativa a partir de 2011 (13 publicações). A produção científica se intensifica notavelmente na última década, atingindo picos de 43 publicações em 2021 e 43 publicações em 2025. Esse crescimento reflete a consolidação da agenda de transição energética, impulsionando pesquisas em biocombustíveis e biogás e uma maior conscientização sobre a segurança ocupacional nas últimas duas décadas.

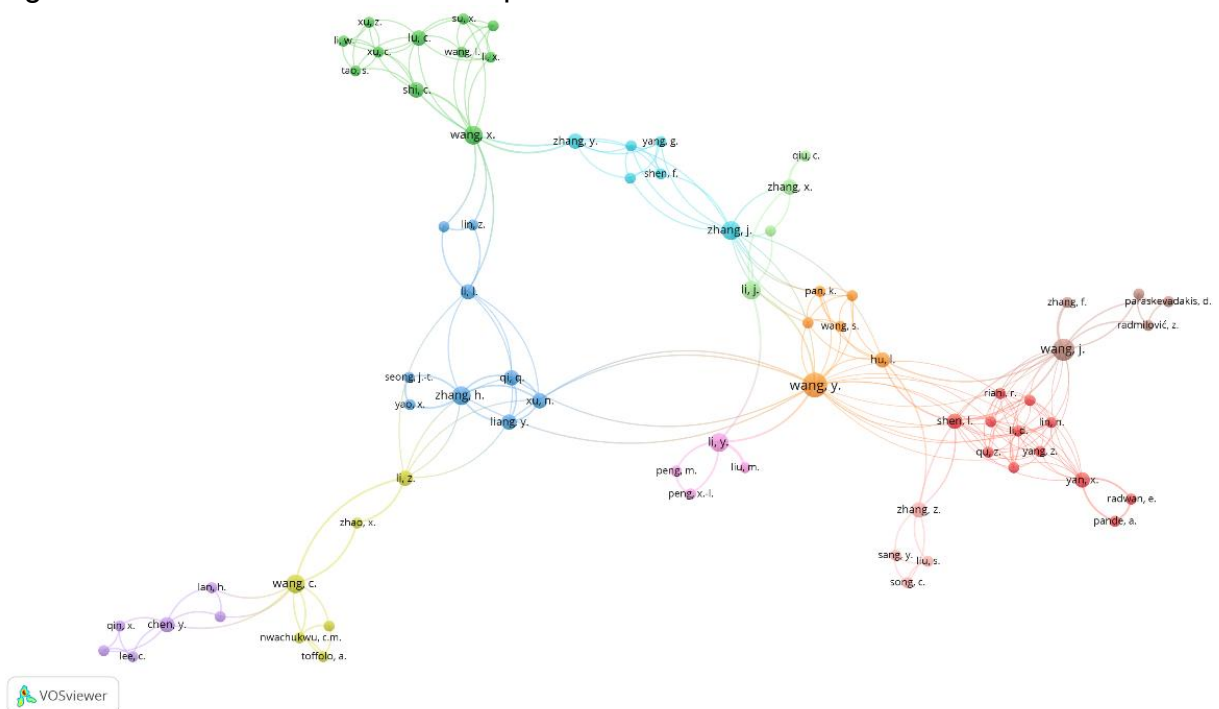
Figura 1 - Evolução do Número de Publicações por Ano (2000-2025)



Fonte: Elaborado pelo autor

A produção científica sobre os temas foi global, com contribuições significativas de diversos continentes. A análise de afiliação dos autores permitiu identificar os 15 países mais prolíficos. Os Estados Unidos lideraram com 65 publicações, seguidos por Itália (37), Reino Unido (36), China (31) e Polônia (26). O Brasil ocupou posição de destaque, figurando em 6º lugar com 25 publicações, o que refletiu sua importância histórica e atual como um dos maiores produtores e consumidores de biocombustíveis (etanol) do mundo. Observou-se um aumento expressivo no número de publicações ao longo do tempo, especialmente após 2010, com intensificação na última década, atingindo picos de 50 publicações em 2022 e 43 em 2025 (Figura 1).

Figura 2 – Autores mais relevantes pelo tema



Fonte: Elaborado pelo autor no software VOSviewer.

Esse crescimento refletiu diretamente tendências internacionais e políticas energéticas contemporâneas, impulsionadas pela urgência climática, por acordos

multilaterais, por diretrizes e incentivos governamentais ao uso de biocombustíveis, pelas iniciativas da União Europeia, pelos avanços tecnológicos relacionados aos biocombustíveis de segunda e terceira geração e à produção de biogás, bem como pelo fortalecimento de agendas de sustentabilidade e critérios ESG. Em conjunto, esses fatores estimularam a busca por soluções mais eficientes, sustentáveis e seguras para a cadeia energética.

A análise dos documentos mais influentes (Tabela 1) foi fundamental para compreender a estrutura do campo de pesquisa. Os cinco artigos mais citados revelam a natureza fragmentada do conjunto de dados, resultado direto do uso do operador "OR" na metodologia de busca.

Tabela 1 - Top 5 de documentos mais citados no período

Ranking	Título	Primeiro autor/ano	Citações	Periódico
1º	Life cycle assessment of biogas digestate processing technologies	Rehl, T. (2011)	300	Resources, Conservation and Recycling Biofuels, Bioproducts and Biorefining
2º	Large-scale production, harvest and logistics of switchgrass...	Sokhansanj, S. (2009)	242	Biorefining
3º	Parking availability prediction for sensor-enabled car parks...	Zheng, Y. (2015)	208	<i>Não disponível</i>
4º	Excess mortality associated with the COVID-19 pandemic... by occupational sector...	Chen, Y.-H. (2021)	189	PLOS ONE
5º	Strategic design and investment capacity planning of the ethanol supply chain...	Dal-Mas, M. (2011)	176	Biomass and Bioenergy

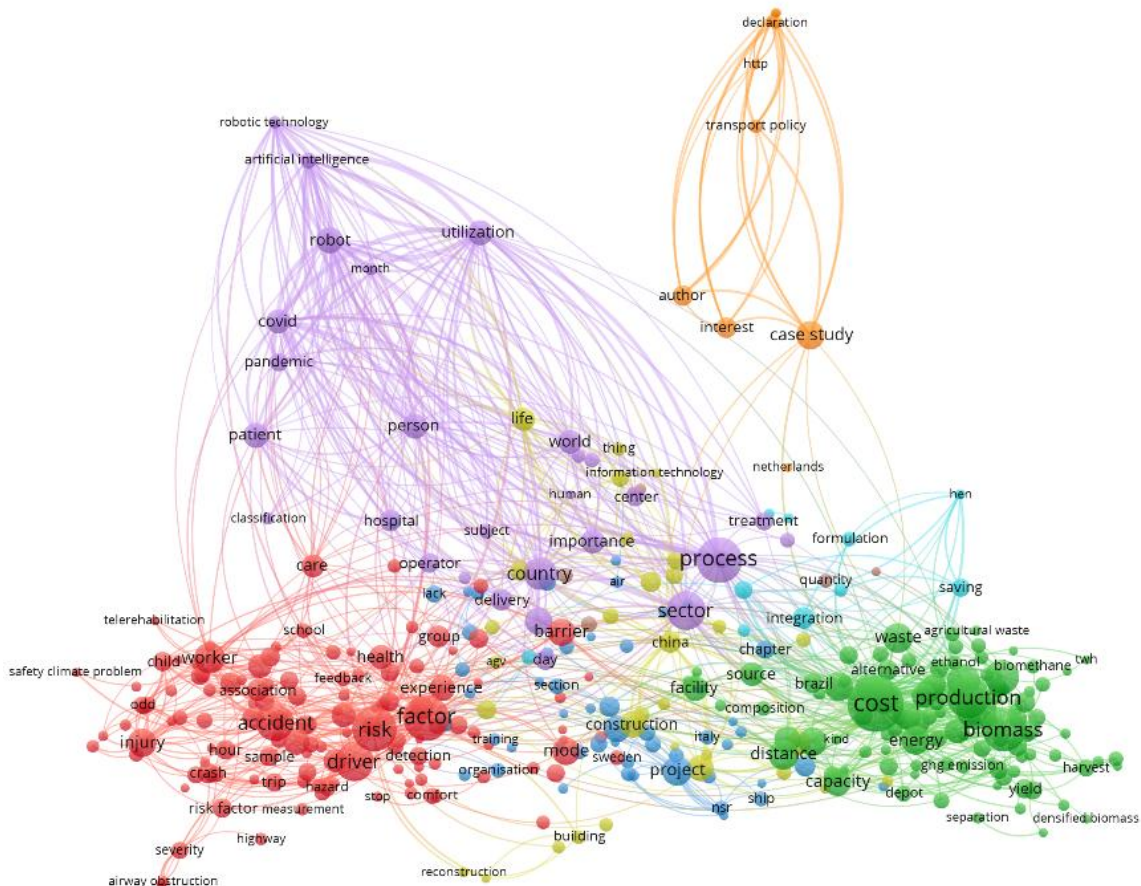
Fonte: Elaborado pelo autor

A principal contribuição desta análise consistiu na identificação de uma lacuna estrutural na literatura, evidenciada tanto pelos documentos mais citados quanto pelos padrões de coocorrência de palavras-chave. A string de busca utilizada, devido ao operador lógico "OR", reuniu três universos de pesquisa que coexistiram no conjunto analisado, mas que raramente se sobrepuseram de maneira significativa: (i) estudos voltados à otimização logística de biocombustíveis, (ii) pesquisas centradas na produção e uso do biogás e (iii) trabalhos relacionados à saúde ocupacional e segurança do trabalho em contextos amplos ou industriais genéricos.

A lista dos artigos mais citados refletiu claramente os três clusters temáticos identificados na análise (Figura 3). O primeiro grupo correspondeu à logística de biocombustíveis, no qual os trabalhos de Sokhansanj (2009) e Dal-Mas (2011) se mostraram centrais, abordando cadeias de suprimento relacionadas ao switchgrass e ao etanol, respectivamente. O segundo grupo esteve associado ao biogás, sendo que o artigo mais citado (Rehl, 2011) tratou exclusivamente desse tema, porém sob a perspectiva da avaliação do ciclo de vida e do processamento do digestato, sem

apresentar relação direta com logística ou segurança no transporte. Por fim, o terceiro grupo agregou pesquisas voltadas à segurança e logística, representadas pelos trabalhos de Zheng (2015) e Chen (2021). Entretanto, observou-se que o estudo de Zheng tratou da logística de transporte urbano (predição de vagas de estacionamento), não possuindo vínculo com biocombustíveis, enquanto o de Chen consistiu em uma investigação típica de segurança e saúde ocupacional durante a pandemia de COVID-19, igualmente desconectada da temática central deste estudo.

Figura 3 – Títulos e referências adotados



Fonte: Elaborado pelo autor no software VOSviewer.

Essa fragmentação demonstrou que, embora existam muitos trabalhos acadêmicos sobre logística de biocombustíveis, biogás e segurança no trabalho, os que integram logística de biocombustíveis e segurança no trabalho foram raros e não aparecem entre os mais influentes.

A análise de coocorrência das palavras-chave (Figura 4), reforça a descoberta da análise de citação. As palavras-chave mais frequentes formam três grupos conceituais claros:

- Cluster Logística e Biocombustíveis: *logistics* 89 incidências, *biomass* 89, *biofuels* 71, *biofuel* 63, *supply chains* 45, *transportation* 44.
- Cluster Biogás: *biogas* 53 incidências.
- Cluster Saúde/Segurança Genérica: *human* 84 incidências, *male* 82, *female* 80, *adult* 73, *humans* 65, *middle aged* 49.

Este grupo de palavras-chave foi típico de estudos de saúde pública e medicina ocupacional, como os artigos sobre COVID-19 ou saúde de técnicos de emergência



otimização da cadeia de suprimentos de biocombustíveis, especialmente no modal rodoviário e no transporte emergente de biometano. Essa abordagem integrada foi essencial para garantir não apenas a viabilidade econômica e ambiental, mas também a sustentabilidade social da transição energética.

## Referências

EASA (EUROPEAN UNION AVIATION SAFETY AGENCY). **EASA publishes report on Sustainable Aviation Fuel scale-up, progress and pressure points**. EASA, 22 out. 2025. Disponível em: <https://www.easa.europa.eu/en/newsroom-and-events/press-releases/easa-publishes-report-sustainable-aviation-fuel-scale-progress>. Acesso em: 24 out. 2025.

KHAYAL, Osama Mohammed E.S. **Energia da biomassa – passado, presente e futuro** *Perspectivas: Uma Análise*. Journal of Emerging Thend and Novel Research, v. 3, out. 2025. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/396407448\\_Biomass\\_Energy\\_-\\_Past\\_Present\\_and\\_Future\\_Prospects\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/396407448_Biomass_Energy_-_Past_Present_and_Future_Prospects_A_Review) Acesso em: 02 nov. 2025.

REHL, T. MÜLLER, J. **Life cycle assessment of biogas digestate processing technologies**, Resources, Conservation and Recycling, v. 56, p. 92-104, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.08.007>.

SANTOSA D. M., *et al.* **Unlocking the biofuel power of cover crop in Washington State: Enhancing potential through hydrothermal liquefaction**. Biomass and Bioenergy, 203, 108311, 2025. DOI: 10.1016/j.biombioe.2025.108311,

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523-538, 2010.