

Biodiesel: uma investigação bibliométrica e patentária

Biodiesel: a bibliometric and patentary investigation

Jonei Marques da Costa¹, Rita Maria Weste Nano¹, Luiz Rogério Pinho de Andrade Lima²

¹Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologias da Bahia, Salvador, BA, Brasil,

²Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil

Resumo

A produção de biocombustíveis, em especial o biodiesel, vem chamando a atenção da comunidade científica há muitas décadas, com intensa produção de conhecimento e proteção de tecnologias. Uma investigação sobre os principais produtores de conhecimento e sobre as tecnologias da cadeia de produção do biodiesel contribui decisivamente para orientar novas investigações e demandas sociais. Este trabalho realizou uma breve revisão bibliométrica e patentária sobre a cadeia de produção do biodiesel, usando as plataformas Scopus e Orbit, limitada até o ano de 2021. Foi possível demonstrar que os principais agentes de produção de tecnologia e acadêmicas sobre biodiesel foram os países como China, Estados Unidos da América, Índia, Coreia e Brasil, com intensa produção a partir dos anos 2000, devido a demandas ambientais e à elevação do preço do petróleo. O Brasil ocupa uma posição de destaque na quantidade de trabalhos acadêmicos, entretanto com alguns desafios sobre a produção de patentes, visto que o maior volume de produção patentearia é realizada por empresas públicas, centros educacionais e de pesquisa, bem como empresas internacionais, não sendo observados empresa privadas brasileiras.

Palavras-chave: Biocombustíveis; Indicadores; Patentes.

Áreas Tecnológicas: Engenharia. Biocombustíveis. Bibliometria.

Abstract

The biofuel production, in particular has been getting some attention from the scientific community for many decades, with intense production of knowledge and protection of Technologies. An investigation of the main producers of knowledge and patents on the biodiesel production chain can contribute to the design of new research and identify future challenges. Scientific papers carried out a brief bibliometric and patent review on the biodiesel production chain using the Scopus and Orbit platforms, limited to the year 2021. It was possible to show that the main players in the production of technology and academics on biodiesel were China, the United States, India, Korea and Brazil, with intense production from the 2000s onwards. Brazil occupies a prominent position in the quantity of academic works, however with some challenges regarding the production of patents, since the largest volume of patent production is carried out by public companies, educational and research centers, as well as international companies, not being Brazilian private company gifts.

Keywords: Biofuels; Indicators; Patents.



1 Introdução

O biodiesel vem recebendo cada vez mais atenção da comunidade acadêmica, com inúmeras publicações nos últimos anos (Zhang; Lis, 2020). Tal interesse está relacionado às vantagens do biodiesel nas questões ambientais e econômicas (Abbaszaadeh *et al.*, 2012). Esse interesse acadêmico sobre biodiesel pode vir a ser traduzido como a produção de tecnologias registradas como patentes, associadas ao não desenvolvimento da ciência básica.

O comércio mundial de biodiesel cresceu consideravelmente nas últimas décadas e está concentrado nos países europeus, na Argentina e nos Estados Unidos da América. A produção mundial de biodiesel manteve-se estável em 46,8 bilhões de litros entre 2019 e 2020, com redução em 2021 devido às limitações impostas pela pandemia de Covid-19. Alguns países lideram a produção de biocombustíveis, como Estados Unidos da América, Brasil, Indonésia, Alemanha e China, esses países possuem ainda grandes áreas agricultáveis (British Petroleum, 2022).

Nos últimos anos, houve algum interesse no desenvolvimento de novas tecnologias aplicadas à cadeia de produção do biodiesel (Almeida; Andrade; Santos, 2018; Singh *et al.*, 2020), especificamente a produção de biodiesel por rotas alternativas, como a catálise heterogênea (Costa; Lima, 2021), a catálise enzimática (Lukovic; Kneevic-Jugovic; Bezbradic, 2011), os líquidos iônicos (Liu *et al.*, 2012), entre outras (Almeida; Andrade; Santos, 2018).

Tradicionalmente, as oleaginosas destinadas à produção de biocombustíveis são cultivadas em terras férteis, promovendo uma competição entre áreas dedicadas à produção de alimentos (Bessou *et al.*, 2011). Para mitigar os impactos ambientais decorrentes da ampliação das fronteiras agrícolas e reduzir a pressão comercial pelo uso de terras férteis, alguns estudos sugerem que uma alternativa tecnicamente viável é a aplicação de fontes de oleaginosas como as algas, as bactérias, entre outras (Sitepu *et al.*, 2020; Wijffels; Barbosa, 2010; Zhu *et al.*, 2014).

Estudos patentários e bibliométricos podem auxiliar no entendimento sobre um campo científico e, assim, delimitar desafios a serem investigados em pesquisas futuras (Geng *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2018). Investigações patentárias e bibliométricas sobre a cadeia de produção do biodiesel vêm sendo realizadas e sugerem um futuro promissor para esse setor tecnológico (Andreo-Martínez *et al.*, 2020; Fantinel *et al.*, 2017), sobretudo no que se refere à cadeia de suprimento do biodiesel, que engloba o setor agrícola, industrial e de transporte (Ferreira; Picinin, 2018; Meira; Leal Filho; Silva, 2014).

Destaca-se que são necessárias investigações para relacionar a produção acadêmica à produção patentária da cadeia de produção do biodiesel (Fernandes *et al.*, 2020) e para entender e identificar os principais produtores de patentes e de artigos científicos no mundo e no Brasil, pois essa abordagem permite robustez interpretativa (Andreassi *et al.*, 2000).

Diante do exposto, ressalta-se que este trabalho pretende analisar as tendências globais sobre o tema biodiesel, identificando os principais agentes de produção de conhecimento científico e tecnológico no Brasil e no mundo.

2 Metodologia

O estudo foi realizado a partir de uma pesquisa exploratória com abordagem quali-quantitativa, utilizando a pesquisa bibliográfica com grande volume de dados e busca patentária (Gil, 2019). As informações sobre as publicações científicas referentes ao tema biodiesel foram obtidas na base de dados Scopus, limitando-se a trabalhos encontrados até 2021, e foi realizada em três estágios de refinamento.

A base de dados Scopus, pertencente ao grupo empresarial Elsevier, foi escolhida devido ao fato de apresentar maior quantidade de títulos de revistas associados a esse tema, sendo disponível mais de 22.000 títulos de mais de 5.000 editores em todo o mundo (Martín-Martín *et al.*, 2018). A busca de patente foi realizada na plataforma Orbit (www.orbit.com) incluindo publicações até o ano de 2021, essa plataforma foi escolhida devido à sua versatilidade, já que, no ano de 2018, o sistema já contava com 58,185 milhões de famílias de patentes e mais de 107 milhões de documentos individuais de patentes, fornecidas por 107 jurisdições de patentes (Pires; Ribeiro; Quintella, 2020).

Na base de dados Scopus, foi inicialmente realizada uma pesquisa ampla com o termo livre “TITLE-ABS-KEY (biodiesel) AND NOT (motor)”, na qual foram obtidos 47.629 documentos. O termo “motor” foi removido para suprimir trabalhos associados a desempenho mecânico de equipamentos. Com o objetivo de identificar prioritariamente os trabalhos sobre as técnicas de produção de biodiesel e correlatos, foram excluídos alguns temas, como apresentado do Quadro 1. Com o intuito de manter os temas mais atualizados, foi excluída da análise as erratas de comunicação, os livros, os capítulos de livros, as notas, as cartas, as retratações e os editoriais. Com esses procedimentos, foram obtidas 25.476 publicações.

Quando 1 – Refinamento de busca na plataforma Scopus

SUBÁREAS SUPRIMIDAS		TERMOS SUPRIMIDOS	
"Arts and Humanities"; "Biochemistry, Genetics and Molecular Biology"; "Computer Science"; "Health Professions"; "Immunology and Microbiology"; "Mathematics";	"Medicine"; "Nursing"; "Neuroscience and Psychology"; "Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics"; "Physics and Astronomy"; "Social Sciences"; "Veterinary".	"Biogas"; "Brake Specific Fuel Consumption"; "Carbon Monoxide"; "Combustion"; "Compression Ignition Engine"; "Combustion Characteristics"; "Diesel Engines";	"Diesel Fuels"; "Emission"; "Exhaust Emission"; "Emission Characteristics"; "Emission Control"; "Gasoline"; "Particulate Emissions"; "Waste Incineration";

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo

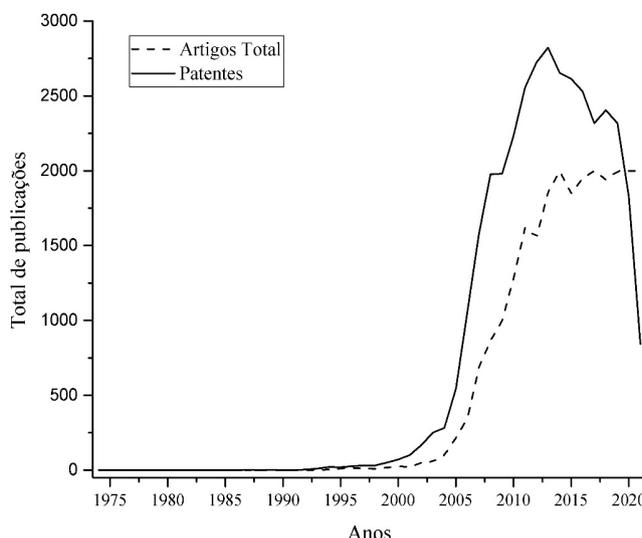
Na base de dados Orbit, foi utilizado o termo de busca livre “biodiesel”, limitando o ano de busca até 2021. Os dados foram processados com o uso do *software* Bibliometrix (<https://cran.r-project.org>), que foi escolhido como ferramenta para análise bibliométrica dos artigos devido às vantagens que oferece em relação aos demais *softwares* dedicados a essa análise, como facilidade operacional, versatilidade, vasta gama de relatórios de análise, além de acesso livre e gratuito (Moreira; Guimarães; Tsunoda, 2020). Para construir o banco de dados, foram extraídos todos os metadados dos artigos da base de dados Scopus e agrupados em um único arquivo a ser operacionalizado no Bibliometrix. As informações das patentes foram extraídas dos relatórios disponíveis na base de dados Orbit, como o local de origem da patente, o depositante, a situação e a classificação.

3 Resultados e Discussão

A busca de patentes na base de dados Orbit retornou 36.063 patentes sobre biodiesel entre os anos de 1974 e 2021. A busca na base de dados Scopus retornou com 25.476 documentos entre os anos de 1984 e 2021 que foram publicados em 2.630 revistas, jornais e conferências, produzidos por 50.708 autores e coautores, sendo que 1.079 são de autores individuais.

A primeira patente encontrada nessa busca data de 1900, contudo, somente em 1974 pode-se identificar quantidade mais significativa de patentes depositadas. O Gráfico 1 exibe a evolução temporal da quantidade de artigos e de patentes publicadas entre 1974 e 2021, mostrando o total de artigos e de patentes. Entre as patentes encontradas, apenas 16.618 estão validas, existem 3.065 com alguma pendência, revogadas são 3.635 e 566 estão expiradas, há também 12.279 patentes prescritas.

Gráfico 1 – Quantidade de publicações científicas e patentárias sobre biodiesel



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo

Os resultados sugerem que o tema biodiesel começou a ganhar maior notoriedade a partir do ano de 2004, com a produção de 100 artigos neste ano, desde então a quantidade de artigos vem aumentando sucessivamente, chegando a mais de 1.000 trabalhos acadêmicos anuais a partir de 2010. Notadamente entre o ano de 1984 e 2004 (intervalo de 20 anos) foram produzidos 322 trabalhos, nos anos que seguem, a quantidade de publicações aumenta rapidamente, entre 2005 e 2006 (intervalo de 1 ano) foram publicados 561 artigos, ou seja, mais publicações do que nos 20 anos anteriores.

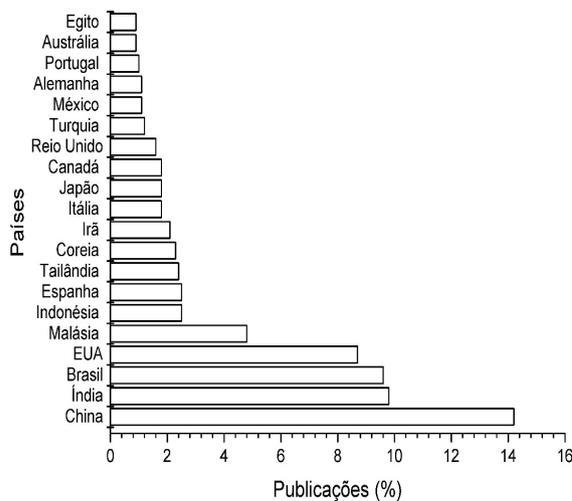
As quantidades de patentes são mantidas com pouco volume entre os anos os anos 1974 e 1998, que somam

154 patentes, nos quatro anos subsequentes a quantidade de patentes é maior que nos últimos 25 anos, com 391 patentes. A partir dos anos 2000 houve um aumento mais acentuado. Foi observado que em 2000 havia 72 patentes, no ano 2001 já havia 168, em apenas três anos, em 2005 já havia 544 patentes. As quantidades aumentam abruptamente deste então, com mais de 1.000 patentes em 2006 e em quatro anos, em 2010 a quantidade de patentes já passa dos 2.000, tal interesse é decorrente da medida provisória n. 214, de 13 de setembro de 2004 que estabelece orientações sobre a adição do biodiesel ao diesel mineral. Assim vem crescendo a quantidade de patentes até o ano de 2012, quando há um declínio contínuo na quantidade de patentes e artigos.

O aumento do interesse sobre a produção de biodiesel a partir dos anos 2000, pode ser relacionado aos problemas ambientais apontados pelo Protocolo de Kyoto (1997), bem como, a crescente preocupação com as mudanças climáticas, proporcionando alguma atenção da comunidade científica sobre a produção de energia renovável (Kang *et al.*, 2020). O aumento nos preços do petróleo pode ter sido outro motivador para esta decência na busca por tecnologias e conhecimento sobre biodiesel, visto que os preços de petróleo nos anos 2008 alcançando \$132,83/Barril, um recorde de preço até esta data (Fan; Xu, 2011).

A redução na quantidade de patentes a partir de 2012, pode ser associada a uma maturidade tecnológica sobre o tema, contudo, outros fatores podem ser associados a este fato, como a crise financeira global de 2008 (Chernavsky, 2012). Nesses anos, houve uma intensa redução de créditos, que sugere uma escassez de recursos para investimentos em desenvolvimento tecnológico e pesquisa básica tanto associado aos Governos como ao setor industrial, refletindo nos resultados futuros (Hardy; Sever, 2021). Estudos robustos devem ser realizados para identificar as reais causas na redução no depósito de patente sobre biodiesel posterior a 2012.

Gráfico 2 – Publicações e patentes sobre biodiesel por região



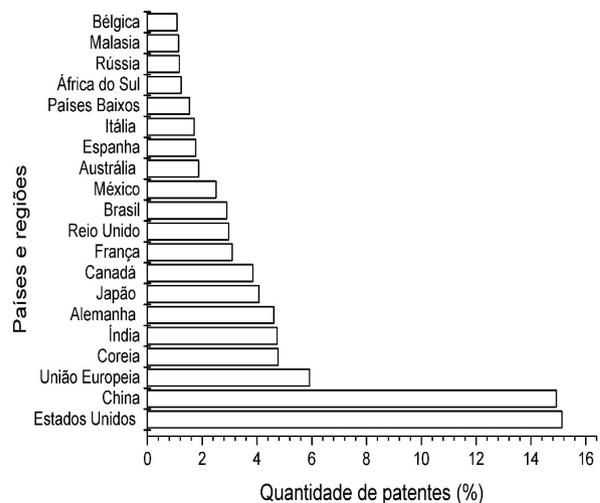
3.1 Interesse dos Países por Tecnologias sobre Biodiesel

A produção de artigos sobre biodiesel e as patentes decorrentes das pesquisas estão associadas a um determinado país, seja por sua produção direta ou interesse estratégico sobre o tema. A Figura 2 exhibe o percentual dos trabalhos produzidos por cada países sobre o tema Biodiesel entre 1984 e 2021. Entre os artigos, 14,5% não exhibe filiação identificada.

Os autores das publicações acadêmicas, exibem afiliação localizada majoritariamente na China (14,2%), Índia (9,8%), Estados Unidos da América (8,7%) e Brasil (9,6%), que são grandes produtores e consumidores de biodiesel, assim como a Malásia (4,8%) é um grande produtor e exportador de óleos vegetais (Atabani *et al.*, 2012). O esforço para ampliar a base de conhecimento sobre biodiesel decorre das oportunidades comerciais e tecnológicas dos países com intensa produção de biocombustíveis.

A produção de patentes sobre biodiesel é liderada pelo Estados Unidos (15,12%), seguido pela China (14,9%), estes dois países detêm 30,05% de todas os depósitos de patente no mundo da cadeia de produção do biodiesel, refletindo o notório interesse destas nações sobre as tecnologias associadas ao biodiesel. Este interesse também é identificado em relação à quantidade de publicações acadêmicas.

As patentes são ferramentas de proteção do conhecimento usadas para manter influência tecnológica em diversos mercados. O Tratado de Cooperação de Patentes, assinado por cerca de 125 estados-membros, permite que um único pedido de patente possa ser compartilhado por todos os seus membros (Pinto *et al.*, 2005). A elevada concentração de depósitos, Gráfico 2, de patentes nos



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo

Estados Unidos da América, China, União Europeia, Coreia, Índia, Alemanha e Japão, que representa 54,1% de todas as patentes, sugere altos investimentos no setor energético para a manutenção da influência tecnológica desses países sobre toda a cadeia produtiva do biodiesel, dessa forma, é possível construir alternativas para as flutuações dos preços dos combustíveis fósseis ou mesmo bicombustíveis.

As motivações para a produção de tecnologias e o conhecimento científico sobre biodiesel podem extrapolar as questões da influência tecnológica, mas sobretudo, são uma forma de suprimir a demanda interna dos estados produtores ou dos consumidores de combustível líquido. É possível constatar que a China possui uma versátil fonte de matéria-prima para a produção de biodiesel, composta de soja, colza, amendoim, palma, girassol, sementes de algodão, tornando o país o maior produtor de biodiesel do mundo (Zhang; Lis, 2020).

A Índia possui 38,5 ha em áreas agricultáveis marginais, contribuindo para suas diretrizes de política energética que motiva a adição de até 20% de biodiesel ao diesel mineral (Selvaraj *et al.*, 2021). Destaca-se que a Índia é um dos maiores exportadores de óleo de fontes orgânicas do mundo, dessa forma, é prudente manter algum domínio sobre as tecnologias de produção de biocombustíveis, assim como a produção agrícola (Suthar; Dwivedi; Joshipura, 2019).

Estados Unidos da América é o país com o maior consumo de energia do mundo, sendo usado 17% de biocombustíveis (etanol e biodiesel) no total dos combustíveis líquidos da sua matriz energética, para garantir essa demanda, no ano de 2020, foram produzidos 602 milhões de litros de biodiesel, usando prioritariamente soja como matéria-prima (EIA, 1977).

O Brasil é o terceiro maior produtor de biodiesel do mundo. Em dezembro de 2020, a capacidade instalada brasileira era de 10,4 bilhões de litros, dividida entre as 49 usinas (ANP, 2023). A produção de conhecimento sobre biodiesel no Brasil foi incentivada pela Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel (RBTB), criada e implantada em março de 2004 com o objetivo de reunir instituições de P&D e indústrias para identificar as oportunidades (Rodrigues, 2021).

3.2 Características das Instituições

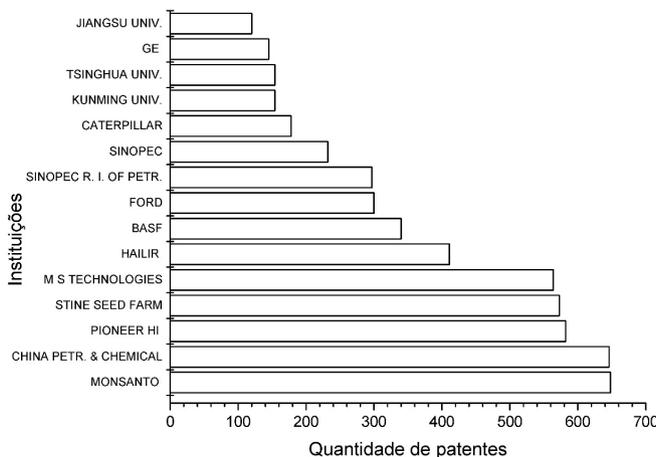
A produção de tecnologias aplicada à cadeia de suprimentos do biodiesel é desenvolvida por diversos agentes, entre eles, estão as empresas públicas, as privadas e as instituições de ensino e de pesquisa. O Gráfico 3 exibe a relação dos maiores depositantes de patentes observados na plataforma Orbit.

As empresas que mais registaram depósitos de patente sobre a cadeia de produção do biodiesel foram a Monsanto, a

China Petrochemical Corporation, seguida pela Pioneer Hi-Bred International, Stine Seed Farm e MS Technologies. Vale destacar que a Sinopec Research Institute of Petroleum Processing e a China Petrochemical Corporation são do mesmo conglomerado de empresas lideradas pelo Grupo Sinopec.

O desenvolvimento de tecnologias apropriadas por meio de patentes por empresas e instituições de origem chinesa inclui o grupo empresarial Sinopec (controla as empresas: Research Institute of Petroleum Processing e China Petrochemical Corporation), o grupo empresarial Hailir Pharmaceutical e as universidades também chinesas Kunming University of Science and Technology, Tsinghua University e Jiangsu University, que juntas submeteram 1.603 patentes, o que equivale a 6,71% de todos os depósitos mundiais analisados. A estratégia de melhorar a eficiência energética e de diversificar fontes de recurso surgiu da crescente demanda energética deste país, sobretudo para manter a competitividade de uma matriz energética de baixo custo (Wang *et al.*, 2024).

Gráfico 3 – Instituições responsáveis pelos depósitos de patentes



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo

A China, nas últimas décadas, busca mecanismos tecnológicos para reduzir sua dependência do carvão mineral como fonte energética, visto que, em 2021, 62% da sua matriz energética foi subsidiada por termoeletricas alimentadas por carvão mineral, com consumo de 2617Mt de carvão consumido (IEA, 2022). O sucesso observado no desenvolvimento de tecnologias para produção de biodiesel coloca a China em rota de redução substancial na emissão de carbono e traça rotas para uma matriz energética mais limpa e sustentável.

As empresas Alemãs, como a Monsanto Technology controlada pelo grupo Bayer, realizou 648 depósitos e a BASF fez 340 depósitos. Essas empresas atuam em diversas frentes tecnológicas, incluindo produção de sementes até reagentes químicos, ou seja, atua em muitas das áreas da cadeia de produção do biodiesel.

As empresas sediadas nos Estados Unidos da América apresentam um intenso interesse sobre biodiesel como associações globais, por exemplo, a Pioneer Hi-Bred International, controlada pelo grupo Dupont (582); a Stine Seed Company (573); a MS Technologie, associada da BASF da Alemanha; a Ford Global Technologies, empresa que atua em diversos ramos empresariais com 300 depósitos; a Caterpillar, conhecida por atuar no setor de máquinas pesadas e mineração que possui 178 patentes; e a GE Global Sourcing, com intenso investimento no setor energético que possui 145 patentes.

A contribuição de cada instituição na quantidade de publicações pode ser estimada pela afiliação dos pesquisadores. O Gráfico 4 exibe as 15 instituições de ensino e pesquisa com as suas respectivas quantidades de afiliações dedicadas a tecnologias associadas ao biodiesel. Entre elas, a China e a Malásia contam com cinco instituições cada, o Brasil possui três instituições em destaque e a Índia e a Tailândia possuem uma instituição cada. Esses países também estão associados a uma grande quantidade de patentes depositadas. É relevante observar que há alguma limitação para tal análise, visto que apenas a afiliação do autor principal é utilizada, desconsiderando a possibilidade da rede de colaboradores e de suas respectivas instituições.

O “Indian Institute of Technology” possui 1.124 pesquisadores dedicados ao setor de bioenergia. Essa universidade pública Indiana, fundada em 1951, possui atualmente 23 Unidades Educacionais e ocupa a 172ª posição entre as melhores universidades do mundo. A China possui muitas instituições com foco no tema biodiesel com elevada produtividade acadêmica, como a Zhejiang University, a Tsinghua University, a Tianjin University, a Shandong University e a Guangzhou Institute of Energy Conversion. Entre

essas instituições, é possível destacar a Tsinghua University, que ocupa a 15ª posição no *ranking* entre as melhores universidades do mundo e que está entre as 10 maiores depositantes de patentes (Quacquarelli Symonds, 2022).

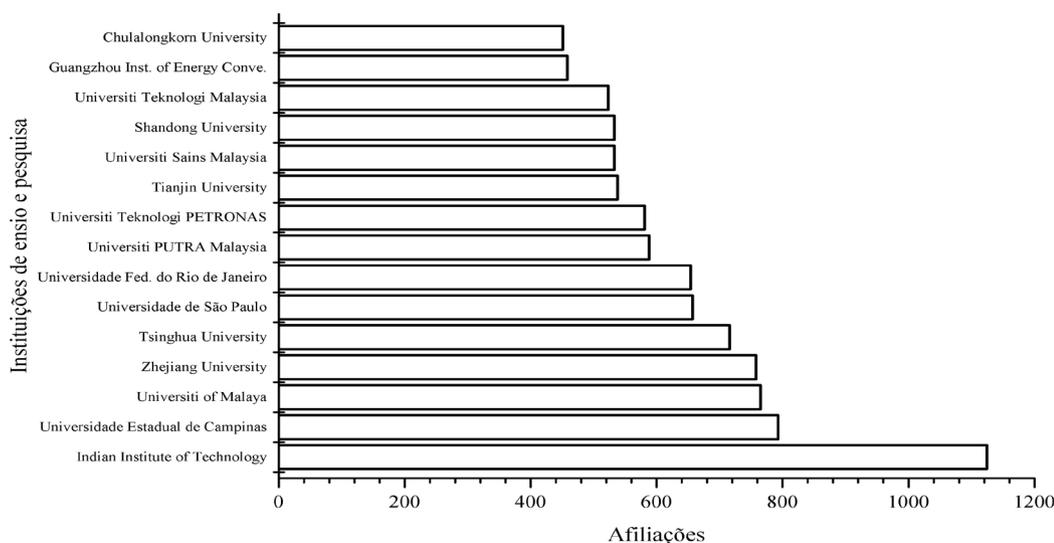
Alguns grupos de pesquisa alocados nas universidades da Malásia são dedicados à pesquisa com biodiesel, como a Universiti Malaya (UM), a Universiti Putra Malaysia, a Universiti Sains Malaysia e a Universiti Teknologi Malaysia. E a Universiti Teknologi Petronas está associada diretamente à empresa petrolífera estatal Petroliam Nasional Berhad, conhecida como Petronas. Tais instituições são responsáveis pelo grande volume de produção acadêmica e patentária.

O Brasil também exibe uma posição de destaque, contando com três instituições públicas com elevada concentração de trabalhos sobre biodiesel. A Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) está em 2º lugar, com 793 afiliações, e ocupa a 233ª posição na relação entre as melhores universidades. A Universidade de São Paulo ocupa a 6ª posição na quantidade de pesquisadores com 657 afiliações e ocupa a 115ª posição entre as melhores. Por fim, a Universidade Federal do Rio de Janeiro ocupa a 380ª posição entre as melhores e conta com 654 afiliações em artigos sobre biodiesel (Quacquarelli Symonds, 2022).

3.3 Características Brasileiras

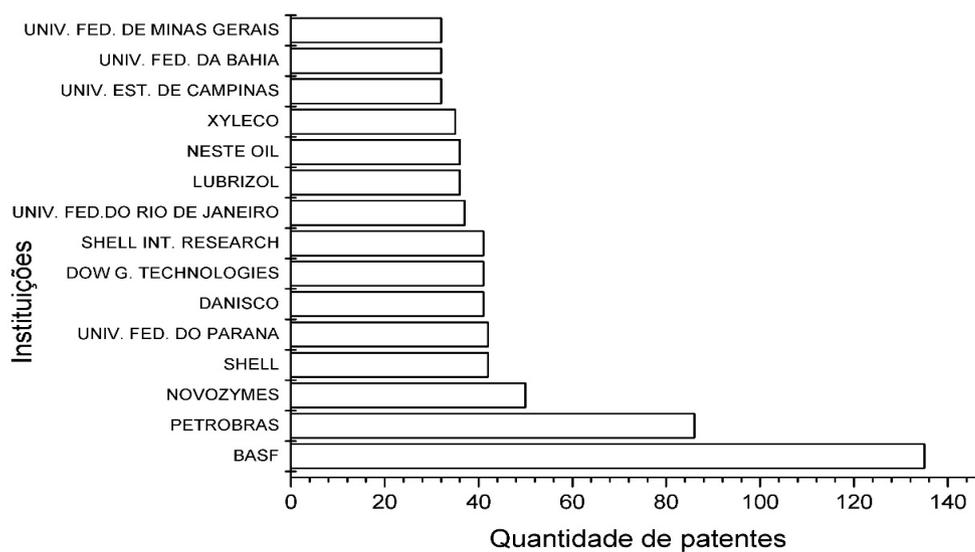
Foram observadas 3.857 patentes publicadas no Brasil, 1,1% expirada; 10,8% canceladas; 10,9% com pendências; 15,1% revogadas e, por fim, 62,2% outorgadas. Essas patentes são submetidas por empresas nacionais, internacionais, com unidades operacionais no Brasil, e por instituições de ensino e pesquisa. O Gráfico 5 exibe as principais instituições com depósitos de patente brasileira.

Gráfico 4 – Instituições responsáveis por afiliações dos artigos



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo

Gráfico 5 – Instituições brasileiras responsáveis pelos depósitos de patentes



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo

Entre as instituições com depósitos em território brasileiro, destacam-se a Petrobras (86) e a Braskem (15), essas empresas atendem à cadeia de produção do biodiesel com fornecimento de insumos e tecnologias e ainda o produzem. Esses investimentos em desenvolvimento de tecnologia estão em conformidade com o planejamento brasileiro de diversificação da matriz energética, com intensa dedicação a fontes renováveis (ANP, 2023). Observa-se uma intensa atividade de empresas transnacionais realizando depósitos de patentes no Brasil. Esse resultado sugere que o mercado de biodiesel brasileiro é de grande relevância para as empresas de tecnologia, as quais usam patentes para salvaguardar suas tecnologias.

O cenário comercial para a cadeia de produção brasileira do biodiesel é novamente importante, sobretudo para o mercado de soja, que representa 71,2% da matéria-prima para produção de biodiesel, outras fontes de óleos e gorduras também são utilizadas, como 9,0% de gordura bovina e 19,3% de outras fontes (materiais graxos, gordura suína, óleo residual, dendê, algodão e frango). No ano de 2020, foram produzidos 1.208 milhões de toneladas de soja, o que contribuiu para a produção de 9,6 milhões de toneladas de óleo de soja. Dessa produção de óleo de soja, 4,2 milhões de toneladas foram destinadas à produção de biodiesel.

Entre as maiores depositantes de patentes brasileiras, destacam-se também as universidades públicas, como a Universidade Federal do Paraná (42), a Universidade Federal do Rio de Janeiro (37), a Universidade Estadual de Campinas (32), a Universidade Federal da Bahia (32) e a Universidade Federal de Minas Gerais (32). Apesar da intensa atividade intelectual e da contribuição das universidades públicas para o setor tecnológico, pode

haver certa dificuldade de acesso dessas tecnologias no mercado direto devido à carência de empresas vinculadas a essas instituições que permita a comercialização desse conhecimento. Possivelmente, a interação entre o setor produtivo e as universidades deve ser aprimorada para que, assim, possa possibilitar mais transferência de tecnologia.

4 Considerações Finais

A produção de biodiesel engloba uma cadeia de suprimentos em diversas áreas tecnológicas, incluindo empresas de biotecnologia, empresa agrícola, fabricante de equipamentos e indústria de processamento químico/ petroquímico, assim como o setor de desenvolvimento tecnológico envolve instituições públicas e privadas em diversas áreas de concentração.

A quantidade de publicações acadêmicas exibe uma tendência de crescimento até o ano de 2012, assim como a quantidade de patentes. Contudo, a quantidade de publicações sofre um notório declínio a partir de 2013, e o número de patentes segue com poucas alterações até 2021. No Brasil, observa-se uma disparidade, visto ser um dos países com maior quantidade de publicações sobre biodiesel (3º lugar) e estando no 11º lugar em depósitos de patentes. Apenas duas empresas brasileiras se destacam como depositantes de patente (Petrobras e Braskem) e cinco universidades públicas. Apesar da posição de destaque na produção de patentes e trabalhos acadêmicos, ainda há dificuldade no desenvolvimento de um mercado fundamentado em tecnologia nacional.

A produção e o uso de biodiesel são justificados como mecanismos para mitigar dificuldades ambientais, contudo

são aplicados frágeis argumentos. Foi identificada que uma quantidade significativa das tecnologias pleiteadas para a cadeia de produção do biodiesel é produzida por empresas dedicadas a suprir demandas do setor agrícola, substancialmente, conglomerados empresariais produtores e distribuidores de sementes e demais insumos para o agronegócio, assim como indústrias do setor químico e petroquímico.

5 Perspectivas Futuras

Os incentivos fornecidos pelas Nações para direcionar mudanças na matriz energética para fontes renováveis, em especial a produção de biocombustíveis, motiva a produção de trabalhos acadêmicos e tecnológicos para suprir os desafios de toda a cadeia de produção do setor energético. Estudos robustos, devem ser realizados para investigar o efeito de tais incentivos sobre a cadeia de suprimento do biodiesel, incluindo os efeitos da possível ampliação das fronteiras agrícola.

O papel das instituições de ensino brasileiras na criação de tecnologias deve ser investigado, pois, embora apresente grandes volumes de publicações, ainda são poucos os depósitos de patentes.

As motivações que justificam a produção de biodiesel são diversas, contudo, estudos robustos devem ser realizados sobre o ciclo energético da cadeia de produção e seus reais efeitos ambientais e econômicos.

Referências

- ABBASZAADEH, A. *et al.* Current biodiesel production technologies: A comparative review. **Energy Conversion and Management**, [s.l.], v. 63, p. 138-148, nov. 2012.
- ALMEIDA, E. L.; ANDRADE, C. M. G.; SANTOS, O. A. dos. Production of Biodiesel Via Catalytic Processes: A Brief Review. **International Journal of Chemical Reactor Engineering**, [s.l.], v. 16, n. 5, 25 maio 2018.
- ANDREASSI, T. *et al.* Relação entre a inovação tecnológica e patentes: o caso brasileiro. **Revista de Administração**, [s.l.], v. 35, n. 1, p. 63-71, 2000.
- ANDREO-MARTÍNEZ, P. *et al.* Production of biodiesel under supercritical conditions: State of the art and bibliometric analysis. **Applied Energy**, [s.l.], v. 264, p. 114753, abr. 2020.
- ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2023**. Governo Brasileiro, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/anuario-estatistico-2023#Secao4>. Acesso em: 10 maio 2023.
- ATABANI, A. E. *et al.* A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 16, n. 4, p. 2.070-2.093, maio 2012.
- BESSOU, C. *et al.* Biofuels, greenhouse gases and climate change. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, [s.l.], v. 31, n. 1, p. 1-79, jan. 2011.
- BRITISH PETROLEUM (ed.). **Statistical Review of World Energy**. 71. ed. London: BP, 2022. Disponível em: <https://www.bp.com>. Acesso em: 10 maio 2023.
- CHERNAVSKY, Emilio. Crise e perplexidade: os economistas diante da ruptura do padrão de crescimento global. **Revista Tempo do Mundo**, [s.l.], v. 4, n. 3, 2012.
- COSTA, J. M. da; LIMA, L. R. P. de A. Argila bentonítica funcionalizada com potássio: caracterização e uso como catalisar para reação de transesterificação do óleo de algodão. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, [s.l.], v. 18, p. e2456, 2021.
- EIA – ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Página Inicial**. 1974. Disponível em: www.eia.gov. Acesso em: 20 jul. 2023.
- FAN, Y.; XU, J-H. What has driven oil prices since 2000? A structural change perspective. **Energy Economics**, [s.l.], v. 33, n. 6, p. 1.082-1.094, nov. 2011.
- FANTINEL, A. L. *et al.* Mapeamento tecnológico em biodiesel: pedidos de patente depositados no mundo e brasil. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 10, n. 2, p. 177, 30 jun. 2017.
- FERNANDES, F. M. *et al.* Pesquisa com Biodiesel na UFBA: uma análise a partir das teses e dissertações produzidas entre 2005-2019 com aplicação da lei de Lotka. **Informação & Sociedade: Estudos**, [s.l.], v. 30, n. 2, 15 jun. 2020.
- FERREIRA, R. H. M.; PICININ, C. T. Bibliometric analysis for characterization of oil production in Brazilian territory. **Scientometrics**, [s.l.], v. 116, n. 3, p. 1.945-1.974, set. 2018.
- GENG, Y. *et al.* Scientists are working overtime: when do scientists download scientific papers? **Scientometrics**, [s.l.], v. 127, n. 11, p. 6.413-6.429, nov. 2022.

- GIL, A. C. **Metodologia e técnica de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- HARDY, B.; SEVER, C. Financial crises and innovation. **European Economic Review**, [s.l.], v. 138, p. 103856, set. 2021.
- IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Coal 2022: Analysis and forecast to 2025**. [s.l.]: IEA, 2022.
- KANG, J. N. *et al.* Energy systems for climate change mitigation: A systematic review. **Applied Energy**, [s.l.], v. 263, p. 114602, abr. 2020.
- LIU, C.-Z. *et al.* Ionic liquids for biofuel production: Opportunities and challenges. **Applied Energy**, [s.l.], v. 92, p. 406-414, abr. 2012.
- LUKOVIC, N.; KNEEVIC-JUGOVIC, Z.; BEZBRADIC, D. Biodiesel Fuel Production by Enzymatic Transesterification of Oils: Recent Trends, Challenges and Future Perspectives. *In*: MANZANERA, M. (ed.). **Alternative Fuel**. [S.l.]: InTech, 2011.
- MARTÍN-MARTÍN, A. *et al.* Google Scholar, Web of Science, and Scopus: A systematic comparison of citations in 252 subject categories. **Journal of Informetrics**, [s.l.], v. 12, n. 4, p. 1.160-1.177, nov. 2018.
- MEIRA, M.; LEAL FILHO, J. R.; SILVA, C. L. Prospecção tecnológica em patentes relacionadas à produção de biodiesel. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 7, n. 3, p. 421-430, 30 set. 2014.
- MOREIRA, P. S. C.; GUIMARÃES, A. J. R.; TSUNODA, D. F. Qual ferramenta bibliométrica escolher? Um estudo de comparativo entre softwares. **P2P & Inovação**, [s.l.], v. 6, n. 2, p. 140-158, 2020.
- PINTO, A. C. *et al.* Biodiesel: an overview. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, [s.l.], v. 16, n. 6b, p. 1.313-1.330, nov. 2005.
- PIRES, E.; RIBEIRO, N. M.; QUINTELLA, C. M. Sistemas de Busca de Patentes: análise comparativa entre Espacenet, Patentscope, Google Patents, Lens, Derwent Innovation Index e Orbit Intelligence. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 13, n. 1, p. 13-29, mar. 2020.
- QUACQUARELLI SYMONDS. **QS World University Rankings**. 2023. Disponível em: <https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2022>. Acesso em: 5 jun. 2023.
- RODRIGUES, A. C. C. Policy, regulation, development and future of biodiesel industry in Brazil. **Cleaner Engineering and Technology**, [s.l.], v. 4, p. 100197, out. 2021.
- SELVARAJ, A. *et al.* Life cycle sustainability assessment of crops in India. **Current Research in Environmental Sustainability**, [s.l.], v. 3, p. 100074, 2021.
- SILVA, A. P. L. D. *et al.* Indicadores científicos, tecnológicos e acadêmicos. **Informação & Sociedade: Estudos**, [s.l.], v. 28, n. 3, 28 dez. 2018.
- SINGH, D. *et al.* A review on feedstocks, production processes, and yield for different generations of biodiesel. **Fuel**, [s.l.], v. 262, p. 116553, fev. 2020.
- SITEPU, E. K. *et al.* Critical evaluation of process parameters for direct biodiesel production from diverse feedstock. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 123, p. 109762, maio 2020.
- SUTHAR, K.; DWIVEDI, A.; JOSHIPURA, M. A review on separation and purification techniques for biodiesel production with special emphasis on Jatropha oil as a feedstock. **Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering**, [s.l.], v. 14, n. 5, p. e2361, set. 2019.
- WANG, X. *et al.* Total-factor energy efficiency of ten major global energy-consuming countries. **Journal of Environmental Sciences**, [s.l.], v. 137, p. 41–52, mar. 2024.
- WIJFFELS, R. H.; BARBOSA, M. J. An Outlook on Microalgal Biofuels. **Science**, [s.l.], v. 329, n. 5993, p. 796-799, 13 ago. 2010.
- ZHANG, Z.; LIS, M. Modeling Green Energy Development Based on Sustainable Economic Growth in China. **Sustainability**, [s.l.], v. 12, n. 4, p. 1368, 13 fev. 2020.
- ZHU, L. D. *et al.* Microalgal biofuels: Flexible bioenergies for sustainable development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 30, p. 1.035-1.046, fev. 2014.

Sobre os Autores

Jonei Marques da Costa

E-mail: jonei.costa@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1007-6047>

Doutor em Engenharia Industrial pela Universidade Federal da Bahia em 2021.

Endereço profissional: Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologias da Bahia, Câmpus Jacobina, Departamento de Mineração, Av. Centenário, n. 500, Nazaré, Jacobina, BA. CEP: 44700-000.

Rita Maria Weste Nano

E-mail: ritanano@ifba.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1666-4963>

Doutora em Química pela Universidade Estadual de Campinas em 2006.

Endereço profissional: Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologias da Bahia, Câmpus Salvador, Departamento de Química, Rua Emídio dos Santos, s/n, Barbalho, Salvador, BA. CEP: 40301-015.

Luiz Rogério Pinho de Andrade Lima

E-mail: lelo@ufba.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9934-8474>

Pós-Doutor em Mecânica dos Flúidos pela McGill University em 2005.

Endereço profissional: Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Departamento de Ciência de Tecnologia dos Materiais, Rua Prof. Aristides Novis, n. 2, Federação, Salvador, BA. CEP: 40210-630.