

# Levantamento Prospectivo dos Processos e Tecnologias na Produção de Biodiesel com Ênfase nos Equipamentos

*Prospective Survey of Processes and Technologies in the Production of Biodiesel with Emphasis in the Equipment*

Wedja Timóteo Vieira<sup>1</sup>

Nivea dos Santos Brainer<sup>1</sup>

Rafael da Silva Oliveira de Holanda<sup>1</sup>

Tatiane Luciano Balliano<sup>1</sup>

João Inácio Soletti<sup>1</sup>

Rosana Correia Vieira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil

## Resumo

Na tentativa de mitigar os impactos ambientais causados pelos combustíveis fósseis, muito tem se investido em fontes alternativas. Nessa vertente, o biodiesel surge como um potencial substituinte já que é oriundo de fontes renováveis como óleo e gorduras. A transesterificação é o processo mais empregado, entretanto outras rotas têm sido estudadas. O presente trabalho objetivou realizar um levantamento prospectivo a respeito dos processos e tecnologias empregados na produção de biodiesel com ênfase nos equipamentos envolvidos nas etapas de produção por meio da busca de patentes e documentos nos principais bancos de dados disponíveis para pesquisa. Foram encontrados 2.320 documentos na base de periódicos *Scopus* destes 176 do Brasil, usando as palavras “**biodiesel**” e “**Equipment**”. Em termos de patentes, foram encontrados 379 depósitos na base Patent Inspiration, destas, 120 são chinesas; 11 são dos Estados Unidos e o Brasil contribuiu com três patentes nesse segmento.

Palavras-chave: Biodiesel. Equipamento. Patentes.

## Abstract

In an attempt to mitigate the environmental impacts caused by fossil fuels, much has been invested in alternative sources. In this área, biodiesel appears as a potential substitute since it comes from renewable sources such as oils and fats. Transesterification is the most used process, however, other routes have been studied. The present work aimed to carry out prospective survey about the processes and Technologies used in the production of biodiesel, with emphasis on the equipment involved in the production stages, through the search of patents and documents in the main databases available for research. 2.320 documents were found in the *Scopus* journals base of these 176 from Brazil, using the words biodiesel and equipment. In terms of patents, 379 deposits were found in the Patent Inspiration database, on these 120 Chinese, followed by United State with 11 documents and Brazil contributed with 3 patents in this segment.

Keywords: Biodiesel. Equipment. Patents.

Área Tecnológica: Biocombustíveis.



# 1 Introdução

O crescimento populacional acompanha o desenvolvimento industrial e tecnológico, que, por sua vez, reflete no aumento da demanda energética em vários segmentos. Tal fato impulsiona a pesquisa e o desenvolvimento de processos industriais que atendam a essa necessidade de maneira renovável, já que os combustíveis fósseis, mundialmente mais consumidos, contribuem para o agravamento de problemas ambientais e, ainda, são uma fonte esgotável (CREMONEZ *et al.*, 2015; LOSSAU *et al.*, 2015). Nessa vertente, os biocombustíveis surgem como uma alternativa para mitigar os impactos ao meio ambiente, uma vez que são obtidos a partir de fontes renováveis (LAHANE; SUBRAMANIAN, 2015; TÜCCAR *et al.*, 2014).

Por ser uma tecnologia limpa que emite menos poluentes na combustão, não ser tóxico, podendo ser produzido a partir de óleos, gorduras e algas, além de apresentar características físico-químicas como densidade, viscosidade, ponto de fulgor, lubricidade, semelhantes ao combustível fóssil, o biodiesel tem sido amplamente difundido e torna-se um potencial substituto dos combustíveis de petróleo (AHMAD *et al.*, 2011). Os ésteres alquílicos de ácidos carboxílicos são obtidos pela reação de um ácido graxo com um álcool de cadeia curta na presença de um catalisador ácido, básico ou enzimático, sendo essa catálise homogênea ou heterogênea (INTARAPONG *et al.*, 2013). Nos processos que envolvem catálise homogênea, há muitas perdas na etapa de purificação tendo sido empregados, frente a isso, catalisadores heterogêneos que resultam em processos mais eficientes do ponto de vista da purificação dos monoésteres alquílicos, com possibilidade de recuperação do catalisador e da glicerina, além de apresentar alta seletividade. Os óxidos de metais alcalinos e alcalino-terrosos têm sido os mais utilizados em detrimento do rendimento em ésteres ser superior a 98% (DOMINGOS, 2010; RAMOS *et al.*, 2017; THESIS; NAJEM; KHURSHID, 2014).

Quanto às matérias-primas para produção de biodiesel, elas estão classificadas como gorduras, materiais residuais ou de descarte e as culturas oleaginosas, as quais foram identificadas mais de 350 espécies no mundo com potencial produtivo (ATABANI *et al.*, 2012; BERGMANN *et al.*, 2013). Nos países da Europa, as oleaginosas mais exploradas são a colza e o girassol e, nos Estados Unidos, a soja. No Brasil, a *commodity* mais produzida é a soja, com 64,48%, seguida pela gordura bovina, com 15,50%, segundo dados do boletim mensal de biodiesel de 2017 (CESAR; AMARAL, 2017). Das rotas tecnológicas empregadas para a obtenção de biodiesel, a transesterificação é amplamente difundida, sobretudo, para óleos de baixa acidez. Para óleos com elevado índice de acidez, recomenda-se a esterificação como pré-tratamento (KNOTHE; GERPEN; KRAHL, 2005; MARX, 2016).

Segundo dados estatísticos, o Brasil ocupa o segundo lugar na produção mundial de biodiesel, liderado apenas pelos Estados Unidos e com o novo marco regulatório brasileiro, atualmente em 10%, pode ultrapassar essa marca (SILVA; GURRÍA, 2016). Em 2017, o Brasil produziu cerca de 4,3 milhões de m<sup>3</sup> de biodiesel, concentrando a maior produção na grande região centro-oeste, segundo o Anuário Estatístico 2017 da Agência Nacional de Petróleo e Gás Natural (2017).

Os métodos de produção industrial de biodiesel são em reator batelada com agitação ou em reatores contínuos. A escolha do reator é norteadada, sobretudo, pelo volume produzido, sendo os reatores em batelada empregados em escalas menores. Processos contínuos também são

utilizados exigindo mais investimento em automação (GERPEN *et al.*, 2004; SALVI; PANWAR, 2012).

Em termos de equipamentos para produção de biodiesel, no campo da inovação tecnológica, algumas patentes têm sido depositadas no sentido de melhorar o processo, como o desenvolvimento de usinas portáteis, usinas flex para produção de biodiesel e etanol, dispositivo ultrassônico, equalizador de densidade para motores, torres de dessulfuração, entre outras tecnologias.

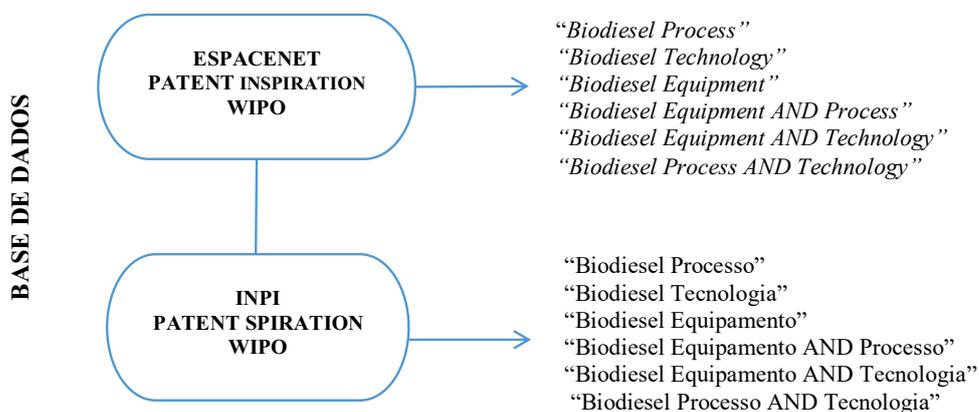
Nesse sentido, um trabalho de prospecção na área de biodiesel foi realizado por Fantinel *et al.* (2017), no qual os autores fizeram um mapeamento dos pedidos de patentes nacionais e internacionais relativos ao biodiesel, sumarizados dados até 2016. Dessa forma, sabendo que essa tecnologia continua em crescimento e sendo produzida no sentido de aprimorá-la, é pertinente uma investigação das tecnologias e processos empregados na produção de biodiesel no âmbito global. Por conseguinte, este trabalho apresenta um levantamento prospectivo do processamento de biodiesel enfatizando os equipamentos utilizados no processo produtivo com base em documentos patentários como também em artigos científicos que abordem a temática.

## 2 Metodologia

Para o levantamento dos dados, as buscas foram feitas sob dois aspectos: dados científicos baseados em artigos, utilizando plataformas como Scopus (2018), Science Direct (2018) e Web of Science (2018), bem como dados baseados na investigação de patentes por meio de bases de livre acesso nacionais e internacionais como Instituto Nacional de Propriedade Industrial – INPI (2018), European Patent Office – EPO (2018), World Intellectual Property Organization – WIPO (2018) e Patent Inspiration – PI (2018).

As investigações foram realizadas por meio da combinação de palavras-chave aplicando operadores booleanos, tanto nas bases patentárias quanto nas bases de dados de periódicos. Nas bases internacionais, foram utilizados os seguintes termos em inglês: “*Biodiesel process*”, “*Biodiesel technology*”, “*Biodiesel Equipment*”, “*Biodiesel Equipment AND process*”, “*Biodiesel Equipment AND technology*”, “*Biodiesel process AND technology*” nas bases internacionais e os mesmos termos em português para as bases nacionais. A Figura 1 mostra a combinação dos termos aplicados nas bases de patentes.

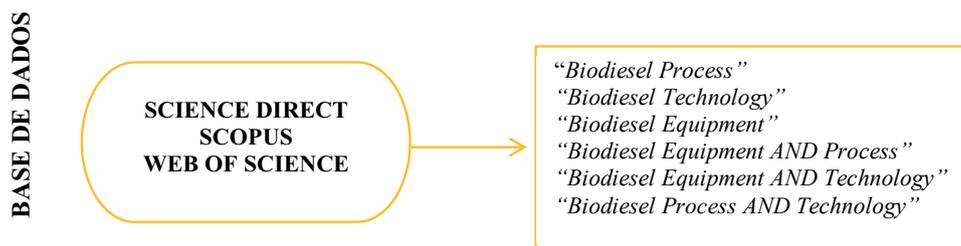
**Figura 1** – Metodologia aplicada para a busca de dados de patentes em diferentes bases de dados



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2018)

Nas bases dos periódicos, as pesquisas foram realizadas no modo de busca avançada utilizando a mesma combinação de palavras-chaves que poderiam estar inseridas no título e/ou resumo do material prospectado (Figura 2).

**Figura 2** – Metodologia adotada para busca em base de periódicos



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2018)

A geração dos dados de patentes ficou compreendida entre 2005 e 2017 e, para os periódicos, datou-se de 1997 a 2017. Os dados obtidos foram representados por meio gráficos gerados pela base Scopus para os artigos e no Excel e Patent Inspiration para os dados de patentes.

### 3 Resultados e Discussões

A partir dos resultados encontrados nas bases de dados, foi possível elaborar a Tabela 1 que apresenta os quantitativos de artigos que abordam a temática de acordo com as palavras-chave empregadas na busca. Das bases exploradas, o Scopus apresentou o maior número de periódicos, 148.035, para todas as palavras-chave empregadas, seguida pelo Science Direct com 4.904 e Web of Science com 4.272. Verifica-se que os trabalhos apresentados trazem melhorias em etapas do processo como a velocidade de agitação nos reatores, como estudo de reatores de leito fixo e catálise heterogênea em rotas contínuas, citando como equipamento reator, separador, injetor, agitador. Atualmente, a rota usual de produção de biodiesel é o modo batelada, por ser mais econômico do ponto de vista energético e mais simples porque dispensa sistemas automatizados (MORAIS; CRISTÓVÃO, 2011).

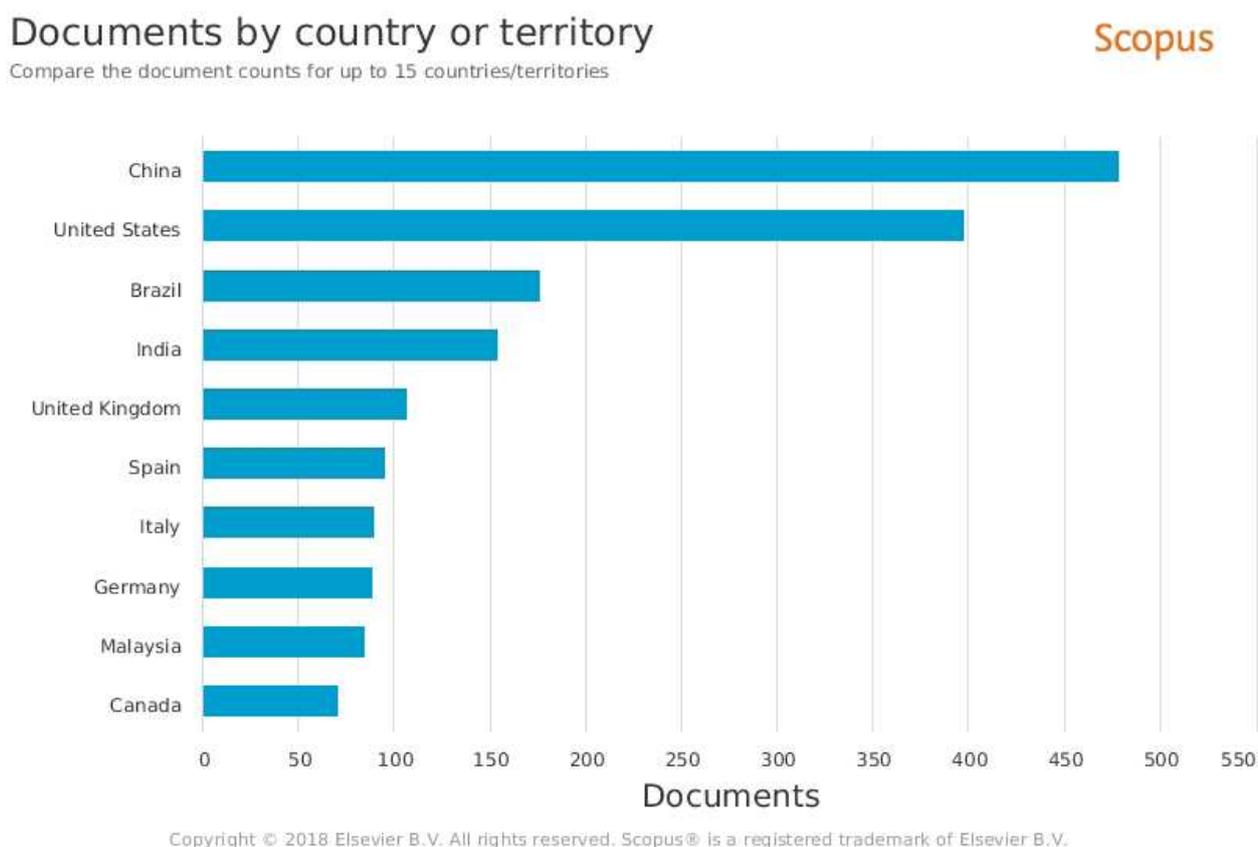
**Tabela 1** – Quantitativo de documentos encontrados nas bases de periódicos de acordo com as palavras-chave

PALAVRAS-CHAVE	BASE DE DADOS		
	SCOPUS	SCIENCE DIRECT	WEB OF SCIENCE
Biodiesel AND Process	43.313	3.485	3354
Biodiesel AND Technology	58.732	785	406
Biodiesel AND Process AND Technology	39.651	443	308
Biodiesel AND Equipment	2.320	108	122
Biodiesel AND Equipment AND Process	1.733	65	71
Biodiesel AND Equipment AND Technology	2.286	18	18
TOTAL	148.035	4.904	4.279

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2018)

Ao realizar um refinamento na base Scopus por meio da combinação das palavras *biodiesel* AND *equipment* obteve-se o quantitativo de 2.320 documentos no segmento estudado. A Figura 3 apresenta os países que publicaram números significativos de documentos de 1997 a 2017, os quais de um total de 2.320 artigos publicados, a China aparece em primeiro lugar com 478 artigos e em segundo lugar, os Estados Unidos com 397. O Brasil aparece em terceiro lugar com 176 artigos.

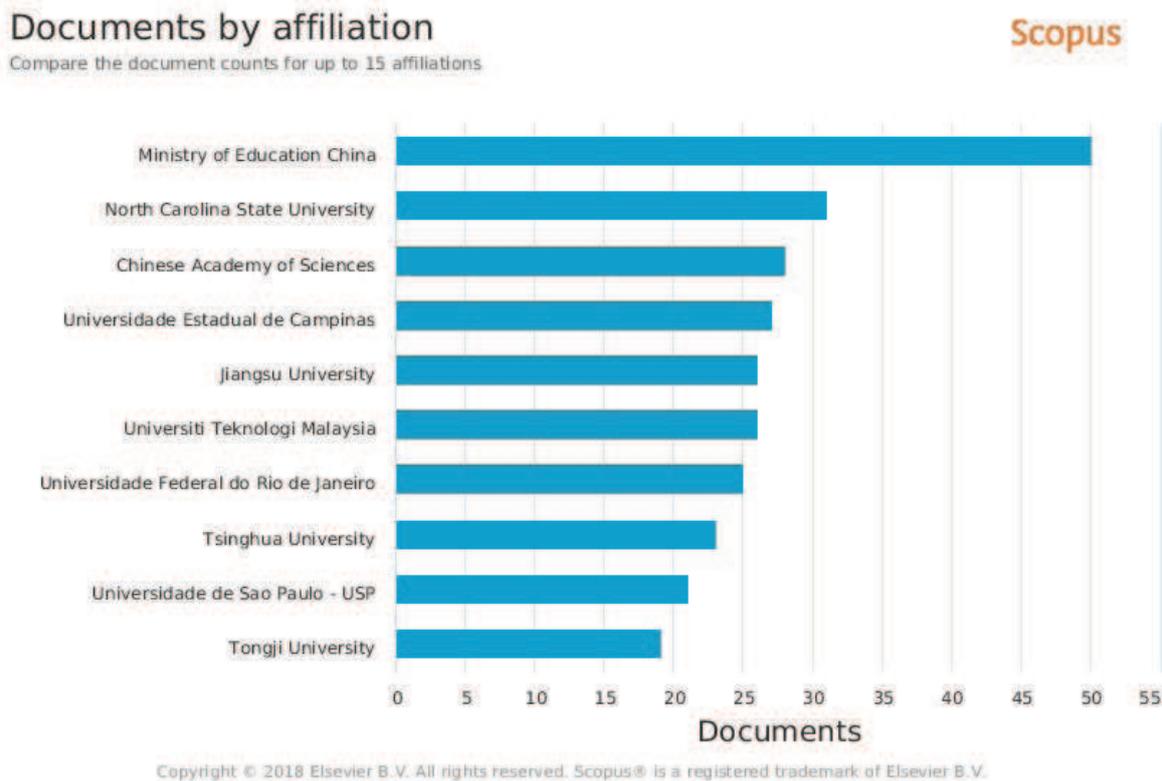
**Figura 3** – Número de documentos em relação ao país de origem



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2018)

No que se refere às afiliações, a Figura 4 apresenta os artigos quanto às principais instituições que realizam publicações, sendo todas universidades e nenhuma empresa. O Ministério da Educação da China é a afiliação com maior número de artigos, 50. O Brasil se destaca com trabalhos da Universidade Estadual de Campinas, com 27 artigos e a Universidade de São Paulo, 21 artigos. Esses números representam o interesse da academia no desenvolvimento de equipamentos ou melhoramento destes no processo produtivo de biodiesel e a importância dos investimentos em pesquisa como forma de continuidade dos trabalhos.

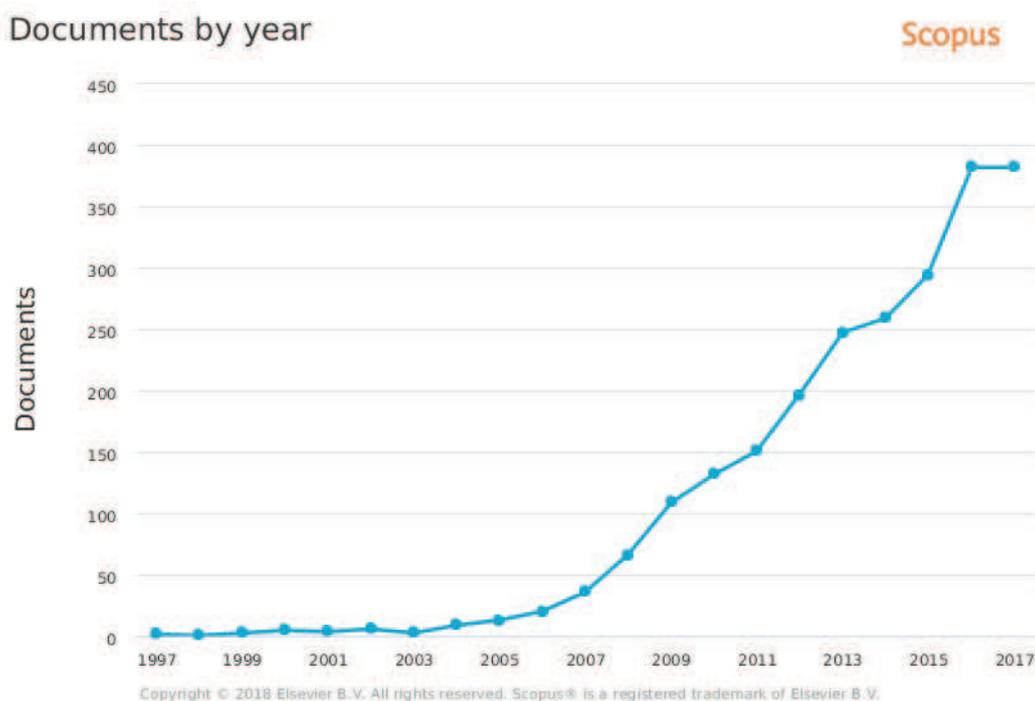
**Figura 4** – Número de documentos em relação às 10 afiliações mais produtivas



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2018)

A Figura 5 apresenta a quantidade de documentos publicados por ano, verificando-se que as publicações passaram a ser mais representativas a partir de 2007. Em 2016, houve um o maior número de publicações, 382, que se manteve em 2017.

**Figura 5** – Número de documentos por ano de publicações



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2018)

A Tabela 2 apresenta os quantitativos de patentes encontradas nas bases descritas, condensando os números de acordo com a combinação de palavras-chave sugeridas. A base nacional INPI apresentou menor número de documentos depositados. Em contrapartida, a base Patent Inspiraton compilou o maior número de documentos patentários de onde foram extraídos os dados representados graficamente. Entretanto, foi necessário fazer um refinamento dos resultados por meio da combinação das palavras usadas nas buscas de forma a auferir respostas satisfatórias para o objeto averiguado.

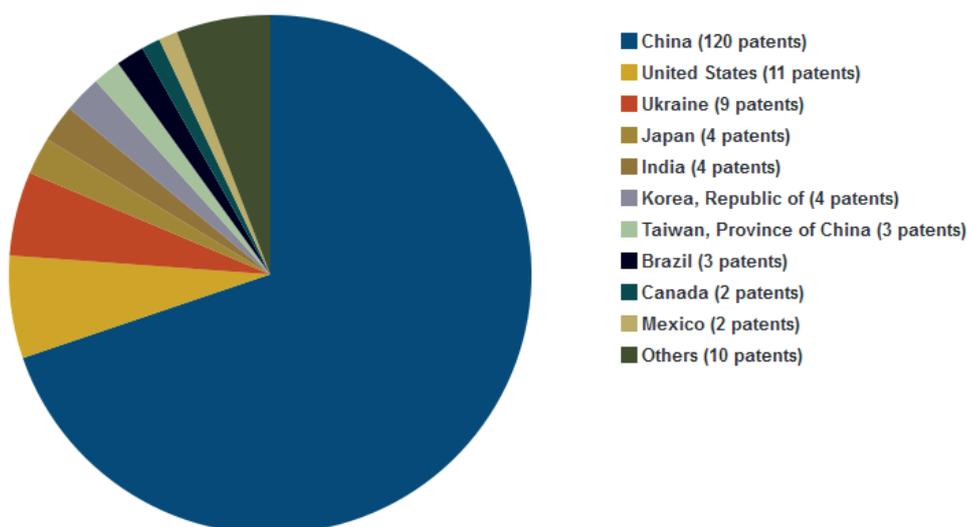
**Tabela 2** – Quantitativo de documentos encontrados nas bases de patentes de acordo com as palavras-chave

PALAVRAS-CHAVE		BASE DE DADOS			
TITULO	RESUMO	INPI	ESPCENET	PI	WIPO
Biodiesel	Process	-	1.423	1.390	1.292
Biodiesel	Technology	-	209	249	180
Biodiesel	Equipment	-	335	379	193
Biodiesel	Equipment AND technology	-	1	39	22
Biodiesel	Equipment AND process	-	7	162	97
Biodiesel	Process AND Technology	-	82	119	93
Biodiesel	Processo	171	-	153	129
Biodiesel	Tecnologia	9	-	13	7
Biodiesel	Equipamento	5	-	17	179
Biodiesel	Equipamento AND tecnologia	1	-	1	1
Biodiesel	Equipamento AND processo	9	-	14	6
Biodiesel	Processo AND Tecnologia	7	-	6	5
	TOTAL	202	2.057	2.542	2.204

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2018)

Analisando os dados de patentes, observa-se que a Figura 6 denota os países mais expressivos no número de patentes em relação à jurisdição, já a China aparece em primeira colocação com 120 patentes, mostrando um forte interesse do país no melhoramento e na inovação em equipamentos no seguimento de produção de biodiesel. Os Estados Unidos está em segundo lugar com 11 patentes e o Brasil contribuiu com três patentes, sendo uma delas depositada pela Universidade Federal do Paraná e as duas seguintes pertencentes a mesma família de patentes depositada pela empresa Biominas Indústria de Derivados Oleaginosos.

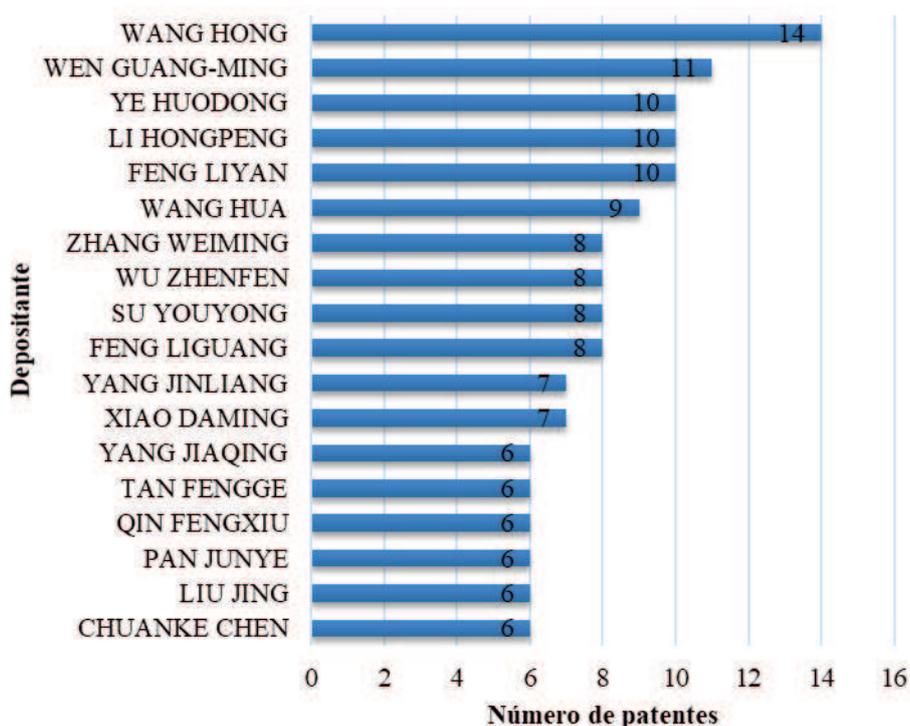
**Figura 6** – Número de patentes em relação ao país de origem



Fonte: Patent Inspiration (2018)

Em relação ao número de patentes por depositante, na Figura 7 estão representados os 18 primeiros depositantes a partir de seis patentes. É importante ressaltar que, dos depósitos apresentados, 77,8% correspondem a interesses de empresas diante da necessidade de algum processo. A exemplo das patentes está a solicitação de permissão sobre a instalação de tratamento de águas residuais de biodiesel, a invenção de um equipamento de pré-processamento para matérias-primas de biodiesel e o desenvolvimento de um equipamento para preparação do biodiesel incluindo etapas do pré-tratamento ao produto final.

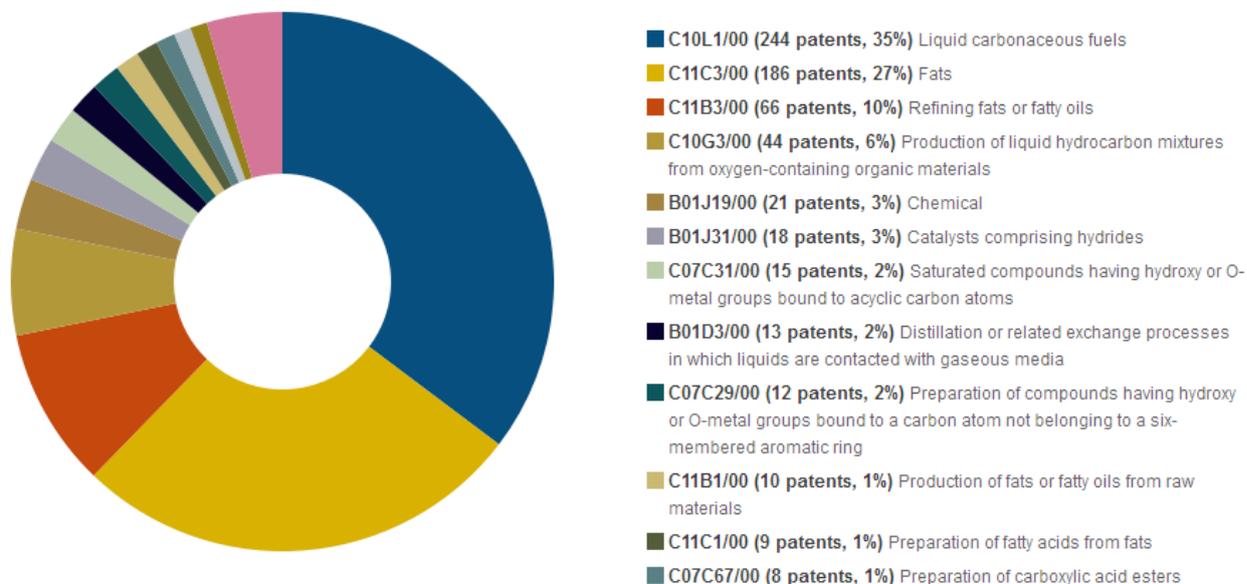
**Figura 7** – Relação do número de patentes por depositante



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2018)

Em relação à Classificação Nacional de Patentes (ICP), percebeu-se pelas informações da Figura 8 a predominância da classe C (Química; Tratamento de águas), com ênfase para a subclasse C10L1/00 que abarca os combustíveis carbonáceos líquidos, com 244 patentes, seguido pela subclasse C11C3/00 que trata das gorduras, óleos ou ácidos graxos resultantes da modificação química de gorduras, óleos, ou ácidos graxos, com 186 patentes e ainda na classe C aparece a subclassificação C11B3/00 que trata da refinação de gorduras ou óleos graxos, aparece com 66 documentos patentários e a subclasse C10G03/00, referente à Produção de misturas líquidas de hidrocarboneto a partir de matéria orgânica contendo oxigênio, com 44 patentes. A classe B (Operações de Processamento; Transporte) também aparece, entre os documentos depositados, com destaque para a subclasse B01J19/00 referente a processos químicos, físicos ou físico-químicos em geral, com 21 patentes; a subclasse B01J31/00, que trata de catalisadores compreendendo hidretos, complexos de coordenação ou compostos orgânicos, com 18 patentes e, ainda, dessa classe, a subclasse B01D3/00, relacionada à destilação ou processos de troca correlatos, nos quais os líquidos estão em contato com meios gasosos com 13 patentes.

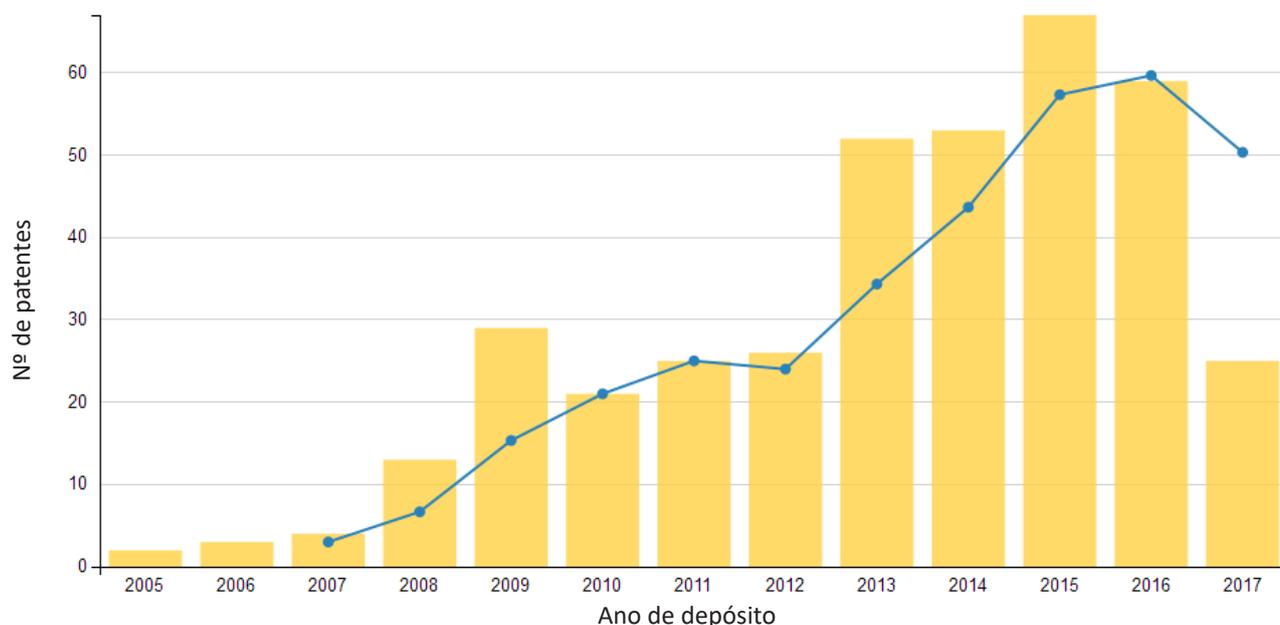
**Figura 8** – Quantitativo de patentes em relação à Classificação Internacional de Patentes



Fonte: Patent Inspiration (2018)

Quanto ao número de patentes depositadas por ano, por meio da Figura 9 é possível inferir que os pedidos de patentes passaram a ser significativos a partir de 2008 com 13 patentes. Houve um período de estagnação entre 2010 e 2012 com uma média de 24 patentes. Percebeu-se um máximo de pedidos no ano de 2015, com 67 patentes, e, no ano seguinte, esse número diminuiu para 59.

**Figura 9** – Mapeamento do número de patentes depositadas por ano mundialmente



Fonte: Patent Inspiration (2018)

## 4 Considerações Finais

A partir da prospecção tecnológica realizada neste trabalho, percebeu-se que houve um crescimento acentuado do número de patentes depositadas e artigos produzidos nos últimos anos no que se refere a tecnologias envolvendo equipamentos e processos na produção de biodiesel. Esses resultados dizem muito sobre o desenvolvimento e os investimentos em inovação destinados a essa área. Embora seja uma tecnologia em ascensão, muito tem sido feito, em âmbito global, a respeito da produção de biodiesel, sobretudo partindo de potências econômicas, como China e Estados Unidos, que são os maiores depositantes. O Brasil, apesar de ser o segundo maior produtor de biodiesel do mundo para o segmento aqui estudado, tem poucos depósitos de patente, evidenciando a necessidade de investimentos em tecnologia e inovação.

Por conseguinte, é importante salientar a importância do mapeamento de tecnologias e processos envolvidos na produção de biodiesel com ênfase nos equipamentos como forma de traçar novas estratégias de expansão e consolidação dessa tecnologia por meio de investimento de empresas nesse setor, seja em etapas específicas do processo ou em unidades completas.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL. **Anuário Estatístico 2017**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/publicacoes/anuario-estatistico/3819-anuario-estatistico-2017#Seção4>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

AHMAD, A. L. *et al.* Microalgae as a sustainable energy source for biodiesel production: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], v. 15, n. 1, p. 584-593, jan. 2011.

- 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.
- BERGMANN, J. *et al.* Biodiesel production in Brazil and alternative biomass feedstocks. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], v. 21, p. 411-420, maio, 2013.
- CESAR, A.; AMARAL, N. **Boletim Mensal do Biodiesel 2017**. [S.l.]: [s.n.], 2017.
- CREMONEZ, P. A. *et al.* Current scenario and prospects of use of liquid biofuels in South America. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], v. 43, p. 352-362, 2015.
- DOMINGOS, A. **Produção De Biodiesel Via Catálise Heterogênea**. [S.l.]: [s.n.], 2010. p. 194.
- EUROPEAN PATENT OFFICE – EPO. [2018]. Disponível em: <[https://worldwide.espacenet.com/advancedSearch?locale=en\\_EP](https://worldwide.espacenet.com/advancedSearch?locale=en_EP)>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- FANTINEL, A. L. *et al.* Mapeamento tecnológico em biodiesel: pedidos de patente depositados no mundo e brasil. **Cad. Prospec.**, [S.l.], v. 10, n. 2, p. 177-189, 2017.
- GERPEN, J. VAN *et al.* **Biodiesel Production Technology**: August 2002-January 2004. 2004.
- INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL – IMPI. [2018]. Disponível em: <<https://gru.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchAvancado.jsp>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- INTARAPONG, P. *et al.* Activity and basic properties of KOH/mordenite for transesterification of palm oil. **Journal of Energy Chemistry**, [S.l.], v. 22, n. 5, p. 690-700, 2013.
- KNOTHE, G.; GERPEN, J. VAN; KRAHL, J. **The Biodiesel Handbook**. [S.l.]: [s.n.], 2005.
- LAHANE, S.; SUBRAMANIAN, K. A. Effect of different percentages of biodiesel–diesel blends on injection, spray, combustion, performance, and emission characteristics of a diesel engine. **Fuel**, [S.l.], v. 139, p. 537-545, jan. 2015.
- LOSSAU, S. *et al.* Brazil’s current and future land balances: Is there residual land for bioenergy production? **Biomass and Bioenergy**, [S.l.], v. 81, p. 452-461, out. 2015.
- MARX, S. Glycerol-free biodiesel production through transesterification: a review. **Fuel Processing Technology**, [S.l.], v. 151, p. 139-147, out. 2016.
- MORAIS, F. R.; CRISTÓVÃO, S. **Desenvolvimento de um processo contínuo para produção de biodiesel a baixas temperaturas**. São Cristóvão: [s.n.], 2011. Disponível em: <[https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/5055/1/FERNANDA\\_ROCHA\\_MORAIS.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/5055/1/FERNANDA_ROCHA_MORAIS.pdf)>. Acesso em: 2 ago. 2018.
- PATENT INSPIRATION (PI). [2018]. Disponível em: <<https://app.patentinspiration.com/#report/994614726414/filter>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- RAMOS, L. P. *et al.* Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis Biodiesel: Raw Materials, Production Technologies and Fuel Properties. **Rev. Virtual Quim**, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 317-369, 2017.
- SALVI, B. L.; PANWAR, N. L. Biodiesel resources and production technologies – a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], v. 16, n. 6, p. 3.680-3.689, ago. 2012.
- SCIENCE DIRECT [2018]. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/search/advanced>>. Acesso em: 26 jun. 2018.

SCOPUS. [2018]. Disponível em: <<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=advanced&origin=searchbasic&txGid=a6760030597e65bc77307aeba12d8861>>. Acesso em: 26 jun. 2018.

SILVA, J. G.; GURRÍA, A. OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025 Special Focus: Sub-Saharan Africa. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025**. [2016]. Disponível em: <[https://doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2016-en](https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2016-en)>. acesso em: 2 jun. 2018.

THESIS, M.; NAJEM, S.; KHURSHID, A. **Biodiesel production by using heterogeneous catalyst**. [S.l.]: [s.n.], 2014.

TÜCCAR, G. *et al.* Diesel engine emissions and performance from blends of citrus sinensis biodiesel and diesel fuel. **Fuel**, [S.l.], v. 132, p. 7-11, 15 set. 2014.

WEB OF SCIENCE. [2018]. Disponível em: <[http://apps-webofknowledge.ez9.periodicos.capes.gov.br/WOS\\_AdvancedSearch\\_input.do?SID=5DqgENzZuPDrtT6mBPF&product=WOS&search\\_mode=AdvancedSearch](http://apps-webofknowledge.ez9.periodicos.capes.gov.br/WOS_AdvancedSearch_input.do?SID=5DqgENzZuPDrtT6mBPF&product=WOS&search_mode=AdvancedSearch)>. Acesso em: 26 jun. 2018.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION (WIPO). [2018]. Disponível em: <<https://patentscope.wipo.int/search/pt/search.jsf>>. Acesso em: 26 jun. 2018.

## Sobre os autores

### Wedja Timóteo Vieira

*E-mail:* wedja.tvieira@gmail.com

Mestranda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Alagoas. Engenheira Química pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL) (2017).

Endereço profissional: Laboratório de Sistemas de Separação e Otimização de Processos (LASSOP). Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões. Av. Lourival de Melo Mota, s/n, Tabuleiro dos Martins. Maceió, AL. CEP: 57072-900.

### Nivea dos Santos Brainer

*E-mail:* niveabrainer@gmail.com

Mestranda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Alagoas. Engenheira Química pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL) (2017).

Endereço profissional: Laboratório de Sistemas de Separação e Otimização de Processos (LASSOP). Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões. Av. Lourival de Melo Mota, s/n, Tabuleiro dos Martins. Maceió, AL. CEP: 57072-900.

### Rafael da Silva Oliveira de Holanda

*E-mail:* afael.holanda@ctec.ufal.br

Mestrando em Engenharia Química pela Universidade Federal de Alagoas Engenheiro Química pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL) (2017).

Endereço profissional: Laboratório de Eletroquímica Aplicada (LEAp), Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões. Av. Lourival de Melo Mota, s/n, Tabuleiro dos Martins. Maceió, AL. CEP: 57072-900.

### **Tatiane Luciano Balliano**

*E-mail:* tlb@qui.ufal.br

Doutora em Física Aplicada (Biomolecular) pela Universidade de São Paulo (USP) (2010). Mestre em Química e Biotecnologia, área de concentração Físico-química (cristalografia de raios X), pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

Endereço profissional: Laboratório de Bioprocessos, Cristalografia e Modelagem Molecular (LaBioCriMM), Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões. Av. Lourival de Melo Mota, s/n, Tabuleiro dos Martins. Maceió, AL. CEP: 57072-900.

### **João Inácio Soletti**

*E-mail:* jisoletti@gmail.com

Pós-doutor na University of British Columbia, em Vancouver, Canadá. Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE/PEQ (1997). Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE/PEQ (1990).

Endereço profissional: Laboratório de Sistemas de Separação e Otimização de Processos (LASSOP), Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões. Av. Lourival de Melo Mota, s/n, Tabuleiro dos Martins. Maceió, AL. CEP: 57072-900.

### **Rosana Correia Vieira**

*E-mail:* rosana1correia@hotmail.com

Mestranda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Alagoas. Engenheira Química pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL) (2017).

Endereço profissional: Laboratório de Tecnologias de Bebidas e Alimentos (LTBA), Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões. Av. Lourival de Melo Mota, s/n, Tabuleiro dos Martins. Maceió, AL. CEP: 57072-900