OXIDAÇÃO ELETROQUÍMICA DE BIOGLICEROL: PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

BIOGLYCEROL ELECTROCHEMICAL OXIDATION: TECHNOLOGICAL PROSPECTION

VIÉGAS, Deracilde Santana da S.^{1*}; SILVA, Leila Maria S.²; MARQUES, Edmar Pereira³; MARQUES, Aldaléa Lopes Brandes⁴

^{1,2} Universidade Federal do Maranhão - UFMA, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal - REDE BIONORTE, Av. dos Portugueses, 1966, Bacanga - CEP 65080-805, São Luís – MA, Brasil
(Fone: +55 98 98873 7742)

³ Universidade Federal do Maranhão – UFMA, Departamento de Química, Av. dos Portugueses, 1966, Bacanga - CEP 65080-805, São Luís – MA, Brasil
(Fone: +55 98 3272 8683)

⁴ Universidade Federal do Maranhão – UFMA, Departamento de Tecnologia Química, Av. dos Portugueses, 1966, Bacanga - CEP 65080-805, São Luís – MA, Brasil
(Fone: +55 98 3272 8683)

* Autor correspondente
e-mail: cindy.g.f@hotmail.com

Received 21 October 2017; received in revised form 24 January 2018; accepted 30 January 2018

RESUMO

O significativo incremento experimentado pela indústria do biodiesel traz consigo também o aumento concomitante na quantidade do glicerol como subproduto. Neste sentido, com o intuito de evitar futuros problemas provenientes deste acúmulo, como também tornar a produção do biodiesel mais competitiva é necessário buscar soluções economicamente viáveis para o uso deste subproduto visando aplicações no Brasil ou até mesmo no mercado internacional. Neste contexto, as tendências tecnológicas relativas à oxidação de glicerol foram realizadas através do mapeamento de patentes em diferentes bancos de dados: Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), European Patent Office (EPO), United States Patent and Trademark Office (USPTO), Derwent Innovations Index e World Intellectual Property Organization (WIPO) e revelou que existe um interesse tecnológico no desenvolvimento da tecnologia bem como constatou que o número de patentes relacionadas ao uso de métodos eletroquímicos para a oxidação de glicerol ainda é pouco explorado, consistindo de oportunidades para pesquisa e desenvolvimento possuindo potencial para gerar inovação.

Palavras-chave: *Monitoramento, Biodiesel, patentes.*

ABSTRACT

The significant increase experienced by the biodiesel industry also brings with it the concomitant increase in the amount of glycerol as a by-product. In this sense, in order to avoid future problems arising from this accumulation, but also to make the production of biodiesel more competitive, it is necessary to seek economically viable solutions for the use of this by-product for applications in Brazil or even in the international market. In this context, the technological trends related to glycerol oxidation were carried out through the mapping of patents in different databases: INPI, European Patent Office (EPO), United States Patent and Trademark Office (USPTO), The World Intellectual Property Organization (WIPO) and revealed that there is a technological interest in the development of technology as well as found that the number of patents related to the use of electrochemical methods for the oxidation of glycerol is still little explored, consisting of opportunities for research and development with the potential to generate innovation.

Keywords: *Monitoring, Biodiesel, patents.*

INTRODUÇÃO

No Brasil, a exemplo de muitos outros países, o biodiesel tem sido estudado como possível substituto do diesel de petróleo (ANP, 2017). Um dos problemas na produção do biodiesel é o destino do glicerol excedente. Uma das aplicações promissoras de glicerol como subproduto de biodiesel é como combustível em células à combustível de oxidação direta de álcoois (DAFC) (GOMES, et al., 2013).

O biodiesel é principalmente formado por ésteres metílicos de ácidos graxos obtidos fundamentalmente através da reação de transesterificação entre um triglicerídeo e metanol, sendo obtidos os ésteres metílicos correspondentes e o glicerol como subproduto também chamado de bioglicerol (BIODIESELBR, 2017).

Segundo dados da Agência Nacional do Petróleo, a produção de biodiesel vem experimentando um crescimento continuado (ANP, 2017). O significativo incremento experimentado pela indústria do biodiesel traz consigo também o aumento concomitante na quantidade do glicerol como subproduto. Concretamente, é produzido 1 kg de glicerol por cada 10kg de biodiesel (CIRIMINNA; PAGLIARO, 2016; KISS; IGNAT, 2012), de forma que com esta regra de conversão pode ser facilmente estimável a dimensão do aumento da geração de bioglicerol.

Como consequência deste crescimento, as indústrias fabricantes de drogas, cosméticos, alimentícia, tabacos, têxteis entre outras são as que mais absorvem o glicerol do mercado não utilizam de toda a matéria prima disponível.

O glicerol é atualmente um dos ingredientes mais utilizados na indústria farmacêutica na composição de cápsulas, supositórios, anestésicos, xaropes e emolientes para cremes e pomadas, antibióticos e antissépticos. Pode ainda ser empregado como lubrificante de máquinas processadoras de alimentos, fabricação de tintas e resinas, fabricação de dinamite etc. Sendo assim, tornou-se fundamental o desenvolvimento de rotas alternativas de aproveitamento do glicerol, surgindo, dentre elas, as oxidativas, tal como revisado (PINTO; MOTA, 2017; BELTRÁN-PRIETO; KOLOMAZNÍK; PECHA, 2013), outras como a oxidação biocatalítica, catalítica heterogênea, catalítica homogênea e

eletroquímica.

Nas próximas décadas o glicerol provavelmente ocupará uma importante posição como matéria-prima renovável para a indústria química. O aumento da oferta de glicerol, oriundo da produção de biodiesel, tem feito crescer o interesse da comunidade científica e de empresas no desenvolvimento de processos de conversão do glicerol em produtos químicos de maior valor agregado (PINTO; MOTA, 2017). O interesse na química do glicerol vem aumentando as possibilidades para sua utilização, que pode ajudar a consolidar a sustentabilidade dos biocombustíveis no mercado brasileiro e no mundo.

Neste sentido, com o intuito de evitar futuros problemas provenientes deste acúmulo, como também tornar a produção do biodiesel mais competitiva, já que a oferta de glicerol no mercado tem crescido e o seu preço diminuído na mesma proporção (BIOMERCADO, 2017; BIODIESEL BR, 2017), é necessário buscar soluções economicamente viáveis para o uso deste subproduto. Visando aplicações no Brasil ou até mesmo no mercado internacional, evitando assim uma possível retração do progressivo desenvolvimento do “petróleo verde” (CIRIMINNA et al., 2014).

Dessa forma, o presente trabalho apresenta uma prospecção tecnológica sobre oxidação eletroquímica de glicerol, com intuito de avaliar o interesse tecnológico de desenvolvimento científico, bem como analisar o estágio atual e identificar as tendências e a necessidade do processo de inovação.

REFERENCIAL TEÓRICO

Oxidação de Glicerol

O bioglicerol é um triálcool que possui estruturalmente três grupos hidroxila ligados a três carbonos adjacentes. Nesse sentido, o bioglicerol pode ser cataliticamente convertido em energia, através da oxidação de suas três funções hidroxila. Teoricamente esta conversão é extremamente viável, pois o glicerol apresenta uma elevada densidade de energia (6.260 kWh L^{-1}) comparado a outros combustíveis comumente utilizados como o etanol (5.442 kWh L^{-1}) e o metanol (4.047 kWh L^{-1}) (ARECHEDERRA; TREU; MINTEER, 2007). Além disso, não é tóxico, não é inflamável e também não é volátil, sendo assim, um combustível muito atrativo.

Outro fator importante que credencia a aplicação do glicerol em células a combustível como combustível é o baixo índice de “crossover” apresentado por poliálcoois, que chega a ser três vezes inferior ao verificado utilizando-se metanol como combustível (LIVSHITS; PELED, 2006).

A reação de oxidação do glicerol que ocorre sobre o ânodo de uma célula a combustível possui um mecanismo complexo e ainda pouco conhecido. Os materiais sobre os quais o glicerol se adsorve são poucos, desta forma a maioria dos trabalhos reportados na literatura que abordam a oxidação eletrocatalítica do glicerol se concentram em materiais a base de ouro e platina (VILLA et al., 2015; OTTONI et al., 2016). A partir destes estudos, foi verificado que em eletrólito ácido apenas eletrodos de platina são eletroativos, enquanto que em meio alcalino tanto a platina como o ouro apresentam além da atividade catalítica, elevadas densidades de corrente (ROQUET et al., 1994).

A situação ideal em relação ao mecanismo de oxidação de glicerol seria que houvesse a transformação direta do combustível a CO₂, através da ruptura das ligações C–C da molécula, o que corresponderia a um rendimento energético máximo (LIMA, 2006). A oxidação direta do glicerol a CO₂ libera um total de quatorze elétrons por molécula, como segue na equação abaixo (LEE, et al., 2012)

No entanto, a reação de oxidação do glicerol descrita na Equação 1 pode ocorrer por vias paralelas de reação, o que pode gerar diversos produtos intermediários. Os diferentes caminhos de reação que leva a formação destes produtos intermediários são significativamente afetados pelo pH do eletrólito utilizado durante a oxidação do glicerol. Em condições ácidas, formam-se principalmente grupos alcoólicos secundários, dihidroxiacetona e ácido hidroxipirúvico, já em condições alcalinas grupos alcoólicos primários são preferencialmente oxidados e ácido glicérico é obtido em maior proporção (BIANCHI et al., 2005). Porém, estas espécies decorrentes da oxidação incompleta do glicerol, adsorvem fortemente sob a superfície do material eletrodico, inibindo a adsorção de novas moléculas e causando uma drástica queda de potência das células a combustível, já que tais

espécies são oxidadas somente em potenciais mais positivos.

Neste contexto, é de extrema relevância estudos que viabilizem o processo de oxidação de glicerol, fazendo uso do desenvolvimento de catalisadores ativos em potenciais desejáveis tecnologicamente para células a combustível. Para tanto, a realização de prospecção tecnológica com base em patentes tornou-se fundamental para a realização do trabalho.

DESENVOLVIMENTO

As pesquisas foram realizadas pelo método de busca combinada (avançada) em todas as bases escolhidas, utilizando termos característicos ao material tecnológico e ao processo, aplicando operadores booleanos e caractere de truncamento asterisco (*) este último utilizado com o objetivo de facilitar a busca, logo o termo glicer* compreende glicerol, glicerina ou gliceril e o termo catalis*, compreende as palavras catálise, catalisador ou catalisado e de truncamento para alguns casos, bem como o agrupamento dessas palavras (Tabela 1) em diferentes bancos de patentes, INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial), EPO (European Patent Office), DERWENT (Derwent Innovations Index) e WIPO (World Intellectual Property Organization), considerando o número de pedidos de patentes depositados por base de dados de acordo com os termos utilizados. Refinou-se a pesquisa de modo a se obter um número considerável de patentes viáveis. Os resultados foram expressos por países, ano de publicação de depósito e classificação ou recuperação de documentos de patente. Para auxiliar a compreensão dos dados do monitoramento realizou-se pesquisa sobre publicações referentes ao objeto de estudo através da base de dados incites (Thomson Reuters) com as palavras-chave (“electrochemic* and oxid* and glycer* and biodiesel and alco* and catal*”). A pesquisa foi realizada no mês de setembro de 2017.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A partir da análise das palavras-chave e suas combinações utilizando, em algumas delas, truncamentos, foi avaliado o quantitativo de pedido de patentes por base consultada, dados apresentados na Tabela 1.

Considerando as buscas em bases internacionais e nacional de patentes, foram encontrados grandes números de registros de documentos de patentes referentes ao tema proposto. Os documentos encontrados, não representam um total de invenções protegidas, uma vez que, existem depósitos de uma mesma invenção em vários países para garantir o direito exclusivo do inventor no mundo.

A base de busca WIPO foi a que apresentou o maior número de depósito de patentes recuperadas com os termos utilizados (9.909.982.541), seguida pela DERWENT com 521.864. Refinou-se a busca, utilizando os termos agrupados e mais direcionados ao assunto chave, e a base da WIPO apresentou 397 depósitos de patentes direcionados ao tema (Tabela 1), esses registros de patentes estão apresentados na Figura 1, com os respectivos anos de depósitos. O que pôde-se observar é que os últimos cinco anos, o depósito de patentes com os termos utilizados manteve-se com um crescimento estável, essa estabilidade no número de depósito de patentes pode estar relacionada com fatores econômicos mundiais, que acarretaram na diminuição de pesquisas que envolvem a produção de biocombustíveis, principalmente biodiesel no Brasil, segundo a ANP (2017). Uma vez que o número de patentes pode refletir o desenvolvimento tecnológico, é preocupante essa variação, bem como o número limitado de pedidos ao longo dos anos, indicando a necessidade de incentivo neste campo.

Fonte: Autoria própria (2017)

Figura 1: Número de documentos recuperados na base WIPO por ano de depósito para as palavras “electrochemic* and oxid* and glycer* and biodiesel and alco* and catal*” (Fonte: WIPO)

Em relação aos países que mais depositam patentes relacionadas ao tema, os

maiores depositantes são os Estados Unidos, PCT, Escritório Europeu de patentes, Austrália e Canadá. Como mostra a Figura 2, obtida da WIPO. Acredita-se que esta proporção reflete uma situação real, pois os Estados Unidos é um país mundialmente reconhecido por investimentos em ciência e tecnologia, com consequente crescimento tecnológico em várias áreas do conhecimento. As buscas realizadas na base do INPI não apresentam patentes depositadas no Brasil especificamente sobre oxidação eletroquímica de glicerol oriundo do biodiesel, algumas patentes foram encontradas, mas não diretamente relacionada ao tema, contudo há a possibilidade que os pesquisadores estejam primeiro publicando em artigos nacionais e/ou internacionais e deixando de patentear.

Os baixos números de patentes brasileiras indicam espaços para novas metodologias que envolvam sistema de oxidação eletroquímica de glicerol e o desenvolvimento de catalisadores alternativos, visto que as patentes reconhecidas utilizam de materiais a base de platina e/ou ouro que apresentam alguns inconvenientes operacionais, não cabe a esta prospecção detalhar sobre os catalisadores, apenas referenciando a este fato a necessidade do desenvolvimento de materiais ativos alternativos aos que já foram descritos enfatizando a necessidade de exploração tecnológica na área.

Fonte: Autoria própria (2017)

Figura 2 - Número de documentos recuperados na base WIPO por país depositante para as palavras “electrochemic* and oxid* and glycer* and biodiesel and alco* and catal*” (Fonte: WIPO).

Informações relativas à classificação internacional de patentes são relevantes para a

prospecção proposta, tendo em vista que são possibilidades estratégicas de posse de tecnologias e inovações de determinados países.

Na Figura 3 tem-se o número de patentes encontradas em função da Classificação Internacional de Patentes (IPC), uma ferramenta utilizada para fins de classificação ou recuperação de documentos de patente, sendo que cada seção é identificada por uma letra maiúscula, de A a H. Através de um levantamento na base de dados de patentes da WIPO, consegue-se obter um vasto número de processos utilizando a palavra-chave glicerina. A proteção intelectual da glicer* engloba desde o desenvolvimento de catalisadores, reagentes e os processos químicos industriais. O acervo de patentes relacionados à glicerina merece destaque no processo de produção do biodiesel, uma vez que é um subproduto majoritário. Por ocasião da busca no banco de depósitos do WIPO, observou-se um maior número de patentes para a classificação Química, correspondente à letra C, e uma relativa a necessidades Humanas, letra A, a classificação A61K, que está relacionado a preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas. A subclasse em destaque para a pesquisa mediante uso dos termos truncados oxid* AND glicer* foi a C12N, demonstrando que as patentes depositadas classificam-se em sua maioria na Seção C (Química), Classe C12 (Química Orgânica), Subclasse C12N (Compostos Acíclicos ou Carboxílicos).

Fonte: Autoria própria (2017)

Figura 3: Número de documentos recuperados na base WIPO, de acordo com a classificação IPC para as palavras “electrochemic* and oxid* and glycer* and biodiesel and alco* and catal*” (Fonte: WIPO)

Uma avaliação dos indicadores de produção acadêmico/científico no mundo e a contribuição do Brasil foi obtida pela busca de publicações na base de dados “InCites” (base da Web of Science da Thomson Reuters). Esta é uma ferramenta online de avaliação de pesquisa personalizada que compila dados bibliográficos e de citações da Web of Science multidisciplinar de mais de 100 países. Foram utilizadas as palavras-chave “oxidation and glycerol” e foram encontradas 30.788 publicações na modalidade “journal”. Refinou-se então a busca selecionando-se “electrochemistry and catalyst and oxidation and glycerol and biodiesel” e o número de artigos reduziu para 346 artigos. Foram considerados apenas artigos publicados entre 2008 a 2017. Observa-se o crescimento continuado e o interesse em pesquisas sobre oxidação eletroquímica de glicerol (Figura 4), principalmente na área de química onde dos 346 artigos, 221 são especificamente abordados em fontes de química.

Após a análise dos artigos publicados constata-se a importante participação e um crescimento da produção científica do Brasil na área para as publicações em periódicos indexados em bases de dados consolidadas no período de 2008 a 2017 (Figura 4). O crescimento observado indica que o esforço da comunidade acadêmico/científica na produção e divulgação do conhecimento tem contribuído para o avanço da ciência, com reflexos no desenvolvimento econômico, social e cultural do país. A avaliação deste desempenho mostra que as atividades de pesquisa e tecnologia caminham concomitantemente com o fortalecimento do Sistema Nacional de Pós-graduação do Brasil. Observa-se no mesmo período igual crescimento na formação de mestres e doutores em nossos Programas de Pós-graduação.

Fonte: Autoria própria (2017)

Figura 4 - Distribuição das publicações selecionadas na base de dados Incites (Thomson Reuters) no período de 2008-2017 no Mundo e Brasil respectivamente, Palavra-chave: "electrochemistry and catalyst and oxidation and glycerol and biodiesel".

Na Figura 5 é possível verificar as revistas que mais publicam sobre o tema, sendo selecionadas apenas revistas acima de 10 publicações, onde verifica-se que a revista indexada na base de dados Web of Science (Thomson Reuters) no período de 2008-2017 que mais publicou foi a *Electrochimica Acta* com 38 artigos, seguida pela *Electrochemistry Communications* com 34 artigos, as demais 7 revistas selecionadas ficam com publicações na casa das dezenas, sendo que as nove revistas enumeradas apresentam publicações brasileiras com alto fator de impacto, entre 2 e 3.

A figura 6 mostra os conteúdos de interesse que mais aparecem nos artigos analisados. Outro ponto importante a ressaltar é o foco de interesse das publicações acerca de oxidação eletroquímica de glicerol, 60% dos artigos abordam sobre síntese e uso de catalisadores para esta finalidade, 35% abordam sobre os produtos de reações da oxidação de glicerol em diferentes meios com abordagem para a obtenção de produtos com maiores valores agregados que o glicerol, e os 5% apresentam artigos com outros interesses.

Observa-se ainda que a Eletroquímica tem desempenhado papel importante na resposta aos desafios do mundo contemporâneo. Sua grande contribuição no desenvolvimento de novos materiais, novas formas de energia, estudos de superfície e de reações, etc., tem resultado em grandes avanços no mundo cotidiano na área de células a combustível. Além das contribuições ao estudo da termodinâmica e cinética de reações, conversão de energia,

síntese e modificação de compostos químicos, ainda tem demonstrado grande aplicabilidade no desenvolvimento de novos métodos analíticos.

CONCLUSÕES:

A pesquisa a partir da prospecção tecnológica sobre o tema de interesse constatou que o número de patentes relacionadas ao uso de métodos eletroquímicos para a oxidação de glicerol ainda é pouco explorado, consistindo de oportunidades para pesquisa e desenvolvimento tendo alto potencial para gerar inovação. E através da prospecção em trabalhos publicados em revistas, foi possível observar o interesse da comunidade científica especialmente na área química em dar destino ao glicerol oriundo da produção de biodiesel, através da oxidação eletroquímica por catalisadores. Dessa forma, a pesquisa por novos métodos e materiais para a oxidação de glicerol mostra-se promissora e relevante para contribuição para o avanço da ciência, com reflexos no desenvolvimento econômico, social e cultural do país.

REFERÊNCIAS:

1. <http://www.anp.gov.br/wwwanp/biocombustiveis/biodiesel>. Acesso em: 25 mar 2017.
2. ARECHEDERRA, R. L., TREU, B. L., MINTEER, S. D. *Journal of Power Sources*, **2007**, 173, 156.
3. ALBARELLI, J. Q.; SANTOS, D. T.; HOLANDA, M. R. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, **2011**, 28, 691.
4. BELTRÁN-PRIETO, J. C., KOLOMAZNÍK, K., PECHA, J. A. *Australian Journal of Chemistry*, **2013**, 66, 511.
5. <http://www.biodieselbr.com/biodiesel/biodiesel-historia.htm> > acesso em: 24 set 2017.
6. <https://www.biodieselbr.com/noticias/usinas/glicerina/valor-pago-pela-glicerina-bruta-atinge-o-ponto-mais-baixo-em-6-anos-070316.htm>. > Acesso em 06 de set de 2017.
7. BIOMERCADO. Disponível em: <biomercado.com.br>. Acesso em 06 set 2017.

8. BIANCHI, C.L., CANTON, P., DIMITRATOS, N., PORTA, F., PRATI, L. *Catalysis Today*. **2005**, 204, 102.
9. CIRIMINNA, R., PAGLIARO, M. Published online. DOI: 10.1002/9781119951438.eibc2424, **2016**.
10. CIRIMINNA, R., PINA, C. D., ROSSI, M., PAGLIARO, M. *European Journal of lipid. Science and tecnology*. **2014**, 116, 1432.
11. http://apps.webofknowledge.com.ez9.periodicos.capes.gov.br/DIIDW_GeneralSearch_input.do?product=DIIDW&search_mode=GeneralSearch&SID=4EdXKA3e8w3K2KliucG&preferencesSaved=>. Acesso em: 05 set **2017**.
12. DIFIGLIO, C. *Energy Strategy Reviews*, **2014**, 5, 48.
13. <http://www.epo.org/searching/free/espace.net.html>>. Acesso em: 18 set **2017**.
14. GOMES, J. F; GIZ, M. J.; MARTINS, C. A.; CAMARA, G. A. *Journal of Catalysis*. **2013**, 301, 154.
15. <https://gru.inpi.gov.br/pPl/jsp/patentes/PatenteSearchAvancado.jsp>>. Acesso 10 set 2017.
16. KISS, A. A.; IGNAT, R. M. *Applied Energy*. **2012**, 99, 146.
17. LEE, S., KIM, H.J, CHOI, S.M., SEO, M.H., KIM, W.B. *Applied Catalysis A: General*. **2012**, 39 429.
18. LIVSHITS, V., PELED, E. *Journal of Power Sources*. **2006**, 161, 1187.
19. LIMA, R. B. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Carlos, **2006**.
20. OTTONI, C. A., SILVA, S. G., SOUZA, R. F. B., NETO, A. O. *Electrocatalysis*. **2016**, 7, 22.
21. PINTO, B. P., MOTA, C. J. A. *Rev. Virtual Quim*. **2017**, 9, 135.
22. ROQUET, L.; BELGSIR, E.M.; LÉGER, J.M.; LAMY, C. *Electrochemica Acta*. **1994**, 39, 2387.
23. VILLA, A., DIMITRATOS, N., CHANTHAW, C. E., PRATI, L., VALLEA, W. F., JUNCOA, G. G., PROFETIA, D.; OLIVIB, P.; PROFETIA, L.P.R. *Chemical Physics Letters*. **2015**, 640, 31.
24. <http://www.wipo.int/portal/en/index.html>>. Acesso em 07 set **2017**.

Tabela 1 - Número de patentes por palavras-chave e agrupamento das palavras, recuperadas nos bancos de dados mais consultados

Palavras-chave		INPI	DERWENT	EPO	WIPO
oxid*	oxid*	4083	100.000	10.000	4.147.996
oxid* and catal*	oxid* and catal*	749	100.000	10.000	1.387.032
Biodiesel	Biodiesel	253	6.296	3.785	22.541
alco*	alco*	2468	100.000	10.000	2.441.753
Glicer*	Glycer*	196	100.000	4.553	790.981
oxid* and glicer*	oxid* and glycer*	0	22.652	80	552.396
eletroquimic*	electrochemic*	886	79.716	10.000	348.407
eletroquimic* and biodiesel	electrochemic* and biodiesel	0	22	2	1.009
eletroquimic* and alco*	electrochemic* and alco*	2	4.546	51	96.895
eletroquimic* and glicer*	electrochemic* and glycer*	0	473	1	25.297
eletroquimic* and catal*	electrochemic* and catal*	19	8.157	819	117.810
eletroquimic* and oxid* and glicer* and biodiesel and alco* and catal*	electrochemic* and oxid* and glycer* and biodiesel and alco* and catal*	0	2	0	397
Total		8.656	521.864	39.291	9.909.982.541

Fonte: Autoria própria (2017)

Fonte: Autoria própria (2017)

Figura 5: Distribuição por Revistas com maiores números de publicações selecionadas na base de dados Web of Science (Thomson Reuters) no período de 2008-2017

Fonte: Autoria própria (2017)

Figura 6: Distribuição por assuntos de interesse abordados nas publicações selecionadas na base de dados Web of Science (Thomson Reuters) no período de 2008-2017.