

MONITORAMENTO TECNOLÓGICO DE PROCESSOS DE MELHORAMENTO DO BIO-ÓLEO OBTIDO A PARTIR DA PIRÓLISE DE BIOMASSA

Nur Chevrant Khattab¹; Rita de Cássia Colman Simões¹; Lisiane Veiga Mattos¹

¹Universidade Federal Fluminense, UFF, Niterói, RJ, Brasil. (nurkhattab@gmail.com)

Rec.: 03.07.2014. Ace.: 30.08.2014

RESUMO

A diminuição das reservas de petróleo, o aumento das preocupações com as questões ambientais, as questões geopolíticas e econômicas ressaltam a importância da busca de fontes renováveis para a geração de energia. O uso do bio-óleo como combustível é uma alternativa para produção de energia limpa. O bio-óleo possui baixa estabilidade e baixo poder calorífico, o que torna necessário o uso de processos de melhoramento como as reações de hidroxidação (HDO). O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo prospectivo, através da análise de artigos e patentes sobre HDO do bio-óleo, visando acompanhar o desenvolvimento tecnológico neste setor. Observou-se que o número de artigos e patentes nesta área aumentou ao longo dos anos, tendo os Estados Unidos como o país com o maior número de publicações e de patentes. As empresas Shell Internationale Research Maatschappij, UPO e Neste Oil também se destacaram com o maior número de patentes.

Palavras chave: Bio-Óleo. Hidroxidação. HDO. Patentes.

ABSTRACT

The decline of oil reserves, the increasing in concerns with environmental issues, geopolitical and economic issues underscore the importance of the search for renewable sources for power generation. The use of bio-oil as a fuel is an alternative for clean energy production. The bio-oil has low stability and low calorific value, which needs the use of process improvement as the hydrodeoxygenation (HDO) reactions. The purpose of this study was a prospective study, through the analysis of articles and patents about HDO of bio-oil, aiming to follow the technological development in this sector. It was observed that the number of articles and patents in this area has increased over the years, and the United States was the country with the largest number of publications and patents. Shell Internationale Research Maatschappij, UPO and Neste Oil companies also stood out with the highest number of patents.

Keywords: Bio-Oil. Hydrodeoxygenation. HDO. Patents.

Área tecnológica: Energias Renováveis; Biocombustíveis.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o consumo de energia mundial tem aumentado aceleradamente devido ao crescimento da industrialização e da população. Dessa forma, o limite de exploração dos combustíveis fósseis está quase sendo alcançado. Observa-se, também, o fato de as reservas de gás natural e petróleo estarem concentradas sob a gestão de grupos específicos como, por exemplo, os países do Oriente Médio, o que implica em questões geopolíticas e econômicas (DEMIRBAS et al., 2011). Além disso, a emissão de poluentes atmosféricos provenientes da queima desses combustíveis causa danos ao meio ambiente, advindos de fenômenos como efeito estufa.

A partir disso, surge a necessidade de se explorar fontes de energias renováveis, com o objetivo de renovar as estruturas das matrizes energéticas. A biomassa, matéria prima proveniente de vegetais e de resíduos orgânicos, é uma fonte muito promissora, pois contém quantidades desprezíveis de enxofre, nitrogênio e cinzas, fazendo com que haja baixas emissões de SO₂ e NO_x no momento da queima (QI et al., 2007). Além disso, o CO₂ gerado na queima da biomassa não contribui para o aumento do efeito estufa, já que é reabsorvido pela própria biomassa durante o seu crescimento.

A energia armazenada na biomassa pode ser utilizada diretamente, através da sua combustão, ou indiretamente pela sua conversão em combustíveis gasosos ou líquidos. Os combustíveis líquidos podem ser obtidos, através da pirólise rápida da biomassa. O principal produto gerado neste processo é o bio-óleo, que possui baixa estabilidade e baixo poder calorífico, devido ao seu alto teor de oxigênio. Portanto, ele deve ser processado para reduzir o teor de oxigênio de forma a adquirir as propriedades de um óleo combustível. A remoção do oxigênio das moléculas do bio-óleo pode ser realizada através de reações de hidrodesoxigenação (HDO), que envolvem o tratamento do bio-óleo com H₂ na presença de um catalisador (FURIMSKY, 1999). Assim, processo de HDO do bio-óleo pode ser considerado como de grande relevância tecnológica e científica, já que se insere dentro das estratégias adotadas por várias instituições governamentais no mundo inteiro visando à minimização das futuras emissões de CO₂ e das suas consequências ambientais.

Atualmente, devido à dinâmica do desenvolvimento científico e tecnológico, o conhecimento do estado da arte se torna imprescindível para a tomada de decisões de instituições e empresas com relação ao investimento em pesquisas e em novas tecnologias. Portanto, trabalhos envolvendo monitoramentos tecnológicos são de grande importância. Assim, o objetivo principal deste trabalho foi estudar o processo de HDO do bio-óleo, avaliando as principais tendências e perspectivas nesta área. Para isso, foi feito um monitoramento tecnológico, através da avaliação de artigos e patentes, utilizando diferentes bases de dados.

METODOLOGIA

Neste trabalho, os artigos e patentes analisados foram levantados na base de dados Science Direct, INPI e Espacenet- WIPO. Os critérios de busca adotados na base de dados Science Direct, INPI e Espacenet-WIPO estão apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3, respectivamente.

Apesar de o maior número de artigos do Science Direct ser encontrado quando se utilizou o refino de busca “*All fields*”, esse refino foi descartado, devido ao fato dele abranger bibliografia e itens muito vastos. Muitos dos artigos encontrados não mencionavam o processo de melhoramento do bio-óleo. Dessa forma, descartando a coluna correspondente ao refino “*All fields*”, o critério de busca utilizando as palavras chave “*HDO bio-oil*” or “*Hydrodeoxygenation bio-oil*” e o item “*Abstract*” foi selecionado. Através desse critério, um maior número de publicações (499) foi encontrado.

Em relação à base de patentes do INPI, como poucos resultados foram obtidos, decidiu-se analisar todas as patentes encontradas.

No caso das coleções do Espacenet - WIPO, as patentes selecionadas foram as encontradas quando se usou a palavra-chave “*hydrodeoxygenation and renewable source*”, totalizando 234 patentes, ou seja, o maior número de patentes.

Tabela 1 - Critérios de busca de artigos na Science Direct

Palavras chave	<i>Keywords</i>	<i>Title</i>	<i>Abstract</i>	<i>Full text</i>	<i>All fields</i>
“Hydrodeoxygenation bio-oil”	20	11	37	410	499
“HDO bio-oil”	5	0	30	260	286
“HDO bio-oil” OR “Hydrodeoxygenation bio-oil”	29	11	449	39	546
“HDO bio-oil” AND “Hydrodeoxygenation bio-oil”	4	0	28	221	239

Fonte: Autoria própria, 2014.

Tabela 2 - Critérios de busca de artigos no INPI

Palavras chave	Nº de patentes
“Hidrodesoxigenação” no TÍTULO	3
“Hidrodesoxigenação” no RESUMO	6
“HDO” no TÍTULO	0
“HDO” no RESUMO	0
“Hidrodesoxigenação Fontes Renováveis” no TÍTULO	1
“Hidrodesoxigenação Fontes Renováveis” no RESUMO	3
“HDO bio-óleo” no TÍTULO e no Resumo	0
“Melhoramento Fontes Renováveis” no TÍTULO e no Resumo	0
“Hidrodesoxigenação Bio-óleo” no TÍTULO e no Resumo	0
“Hidrodesoxigenação Fonte Renovável” no TÍTULO e no Resumo	0
“Melhoramento Fonte Renovável” no TÍTULO e no Resumo	0
“HDO Fontes Renováveis” no TÍTULO e no Resumo	0
“Melhoramento bio-óleo” no TÍTULO e no Resumo	0

Fonte: Autoria própria, 2014.

Tabela 3 - Critérios de busca de artigos no Espacenet – WIPO com o número respectivo de patentes encontradas

Palavras chave	Nº de patentes wipo
“hydrodeoxygenation AND bio-oil”	55
“hydrodeoxygenation AND renewable sources”	227
“HDO AND bio-oil”	19
“HDO AND renewable sources”	94

Tabela 3 - Critérios de busca de artigos no Espacenet – WIPO com o número respectivo de patentes encontradas

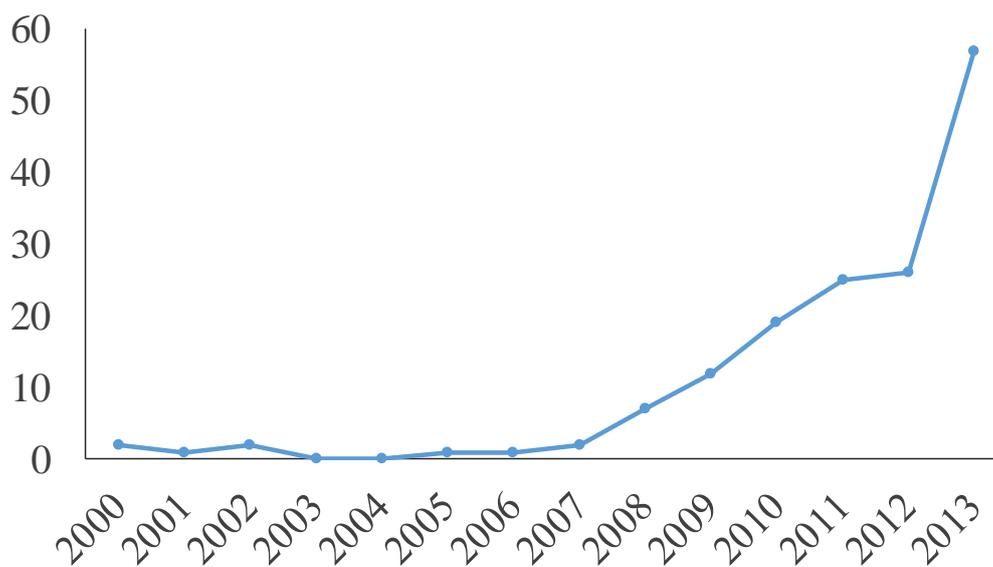
Palavras chave	Nº de patentes wipo
“HDO AND renewable source”	99
“hydrodeoxygenation AND renewable source”	234

Fonte: Autoria própria, 2014

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, está apresentada a distribuição de artigos relacionados ao processo de HDO do bio-óleo ao longo dos anos (2000 a 2013). No período de 2000 a 2008, foi observado um pequeno número de publicações sobre esse tema, sendo que, em 2003 e 2004 nenhum artigo foi encontrado nesta área. Porém, a partir de 2009, através dos dados obtidos, é possível observar um crescente aumento das publicações (de 13 artigos em 2009 para 56 artigos em 2013), mostrando um grande aumento do interesse dos pesquisadores no estudo desse processo.

Figura 1 - Distribuição dos artigos por ano, entre 2000 e 2013



Fonte: Autoria própria, 2014.

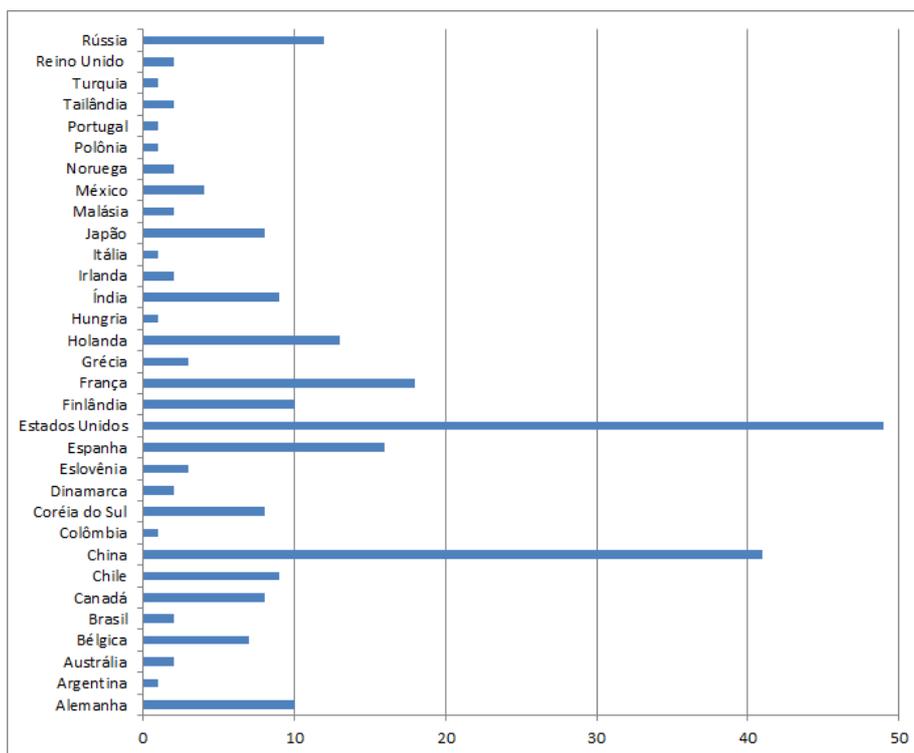
A Figura 2 mostra a distribuição de artigos por país relacionados ao processo de HDO do bio-óleo, os quais foram publicados no período de 2000 até 2013.

Os resultados encontrados mostraram que os Estados Unidos publicaram o maior número de artigos, seguido da China e da França. A quantidade de artigos publicados pela Espanha, Holanda e Rússia também foi significativa.

A Figura 3 mostra a distribuição de artigos por tipo de instituição autora. As universidades publicaram mais artigos (68 %) do que as empresas (6 %) e os institutos de pesquisa (26 %).

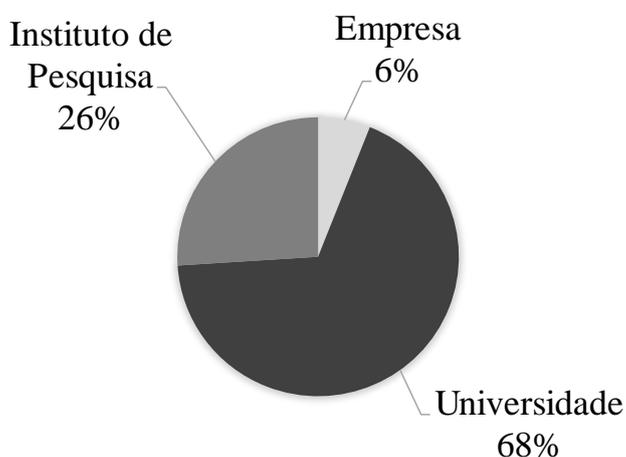
Esses resultados indicam que os investimentos em tecnologias relacionadas a energias renováveis ainda são realizados principalmente nas universidades.

Figura 2 - Distribuição dos artigos por país, entre 2000 e 2013



Fonte: Autoria própria, 2014.

Figura 3 - Distribuição dos artigos quanto às instituições autoras, entre 2000 e 2013



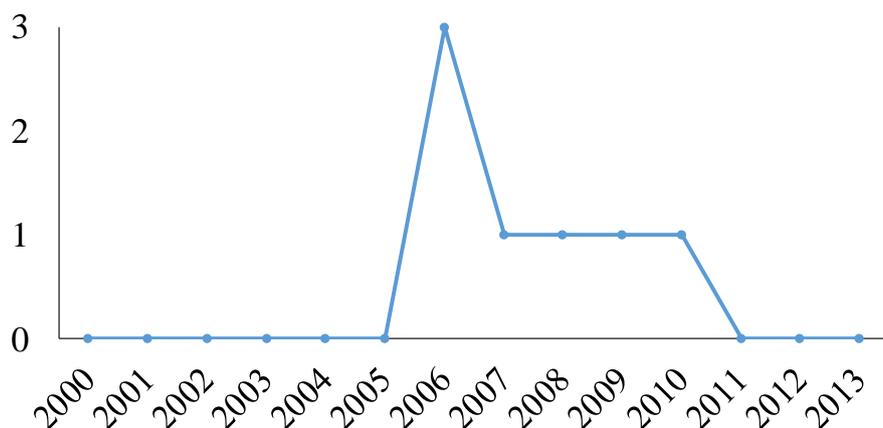
Fonte: Autoria própria, 2014.

A Figura 4 mostra o número de pedidos de patente depositados no Brasil, por ano, considerando o período entre 2000 e 2013.

Observa-se que, durante esse período, foram depositadas apenas 7 patentes referentes ao processo de HDO do bio-óleo. Até 2005 não houve nenhuma patente depositada.

Em 2006, foram encontrados 3 depósitos de patentes, enquanto de 2007 a 2010, o número de patentes depositadas manteve-se constante (somente uma patente por ano).

Figura 4 - Distribuição dos depósitos de patentes no INPI por ano, entre 2000 e 2013



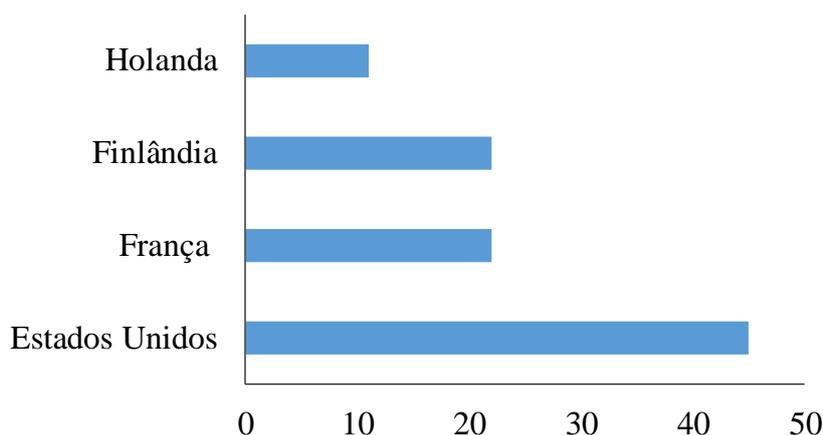
Fonte: Autoria própria, 2014.

A Figura 5 apresenta a distribuição das patentes encontradas quanto ao país depositante. Observa-se que os Estados Unidos são o país que depositou mais patentes, sendo responsável por 45% dos depósitos de patentes.

A França e a Finlândia apresentaram, ambas, 22% dos depósitos de patentes e em seguida a Holanda apresentou 11% dos depósitos de patentes no INPI. Esse resultado mostra que os Estados Unidos possuem grande destaque no desenvolvimento de tecnologia do processo de HDO do bio-óleo.

É interessante ressaltar que as patentes depositadas no Brasil, através do INPI não foram feitas por nenhuma empresa brasileira, apenas por empresas estrangeiras.

Figura 5 - Distribuição dos depósitos de patentes no INPI por país, entre 2000 e 2013

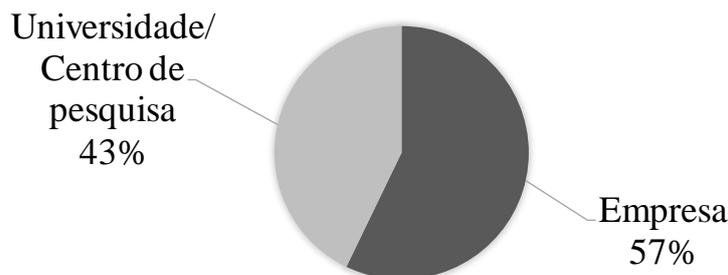


Fonte: Autoria própria, 2014.

A Figura 6 mostra a distribuição das patentes depositadas no INPI por tipo de depositante: empresas ou universidades/centros de pesquisa. Através do resultado obtido, pode-se observar que o número de depósitos de patentes foi um pouco maior para as empresas. Não foi encontrada nenhuma patente depositada por uma empresa juntamente com uma universidade ou centro de pesquisa.

Esse resultado mostra que é necessário aumentar a integração entre empresas e universidades, visto que as universidades produzem muito conhecimento e as empresas depositam mais patentes. Uma parceria entre essas instituições geraria benefícios para ambas e contribuiria para o avanço tecnológico, principalmente na área de energias renováveis, como é o caso do processo de HDO do bio-óleo.

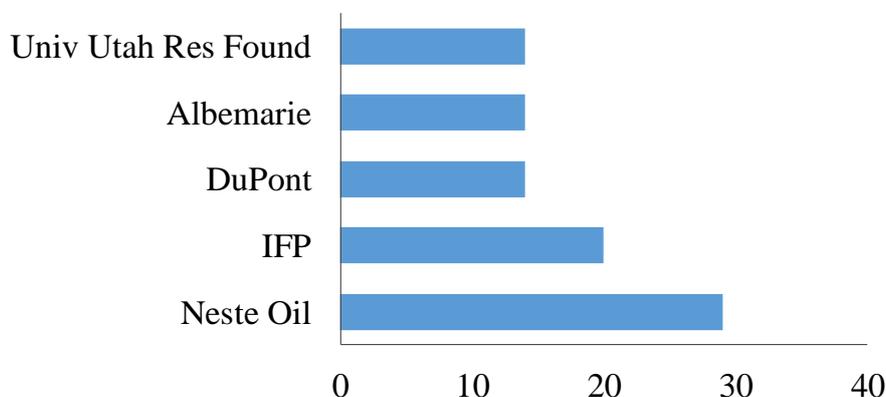
Figura 6 - Distribuição dos depósitos de patentes no INPI por tipo de depositante, entre 2000 e 2013



Fonte: Autoria própria, 2014.

A Figura 7 apresenta as principais instituições depositantes, juntamente com o percentual de depósitos de patentes que cada uma realizou.

Figura 7 - Distribuição dos depósitos de patentes no INPI por instituição depositante, entre 2000 e 2013



Fonte: Autoria própria, 2014.

Através dos resultados obtidos, é possível observar que a empresa Neste Oil, da Finlândia, e a instituição de pesquisa IFP, da França respondem cada uma por 29% dos depósitos de patentes realizados no INPI, entre 2000 e 2013.

A Neste Oil produz combustíveis renováveis e alguns combustíveis provenientes do petróleo enquanto o IFP é um centro de pesquisa que atua na área de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias limpas para as áreas de energia e transporte. As demais instituições respondem cada uma por 14% dos depósitos realizados, sendo todas empresas ou universidades americanas.

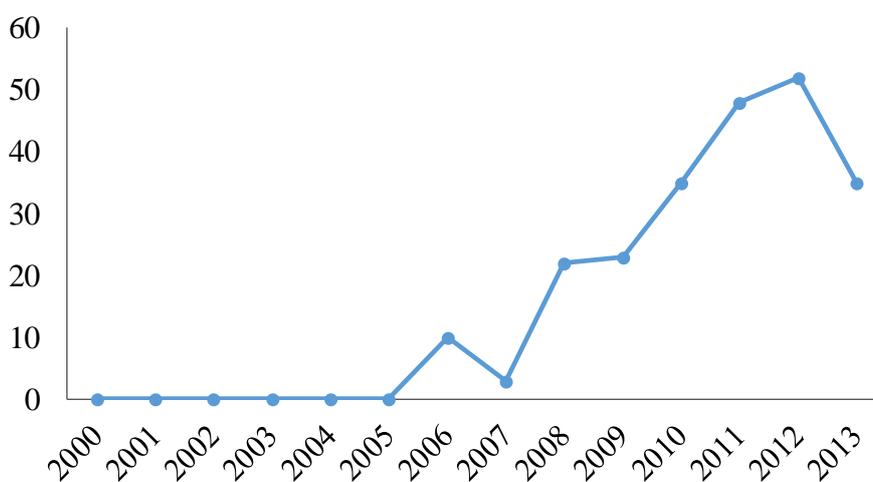
Comparando os resultados obtidos nas Figuras 5 e 7, nota-se que os Estados Unidos foram o país que realizou mais depósitos de patentes (Figura 5), contudo as instituições com o maior número de depósitos não são instituições americanas (Figura 7). Esse resultado mostra que, nos Estados

Unidos, os depósitos de patentes na área de HDO do bio-óleo estão distribuídos entre as empresas, universidades e centros de pesquisas, enquanto que os depósitos da Finlândia e da França estão concentrados nas instituições de grande peso como Neste Oil e IFP.

A Figura 8 apresenta o número de pedidos de patente depositado, por ano, em um período entre 2000 e 2013.

A análise dos resultados obtidos mostra um número de patentes bem maior do que o observado no INPI (Figura 4). Entre 2000 e 2005 nenhum pedido de patente foi registrado. Contudo, a partir de 2006, os números de patentes começaram a crescer, atingindo um máximo em 2012 com 52 patentes depositadas. Esse resultado evidencia um crescente interesse na área de biocombustíveis.

Figura 8 - Distribuição dos depósitos de patentes no Espacenet – WIPO por ano, entre 2000 e 2013



Fonte: Autoria própria, 2014.

A Figura 9 mostra a distribuição dos depósitos das patentes obtidas quanto ao país depositante.

Observa-se que, nessa base de dados, os Estados Unidos destacam-se através do depósito de 157 patentes, seguida da Holanda com 31 patentes e da Finlândia, com 25 das patentes. Esse resultado ressalta a importância dos Estados Unidos no que se diz respeito ao desenvolvimento de tecnologias viáveis para o processo de HDO do bio-óleo.

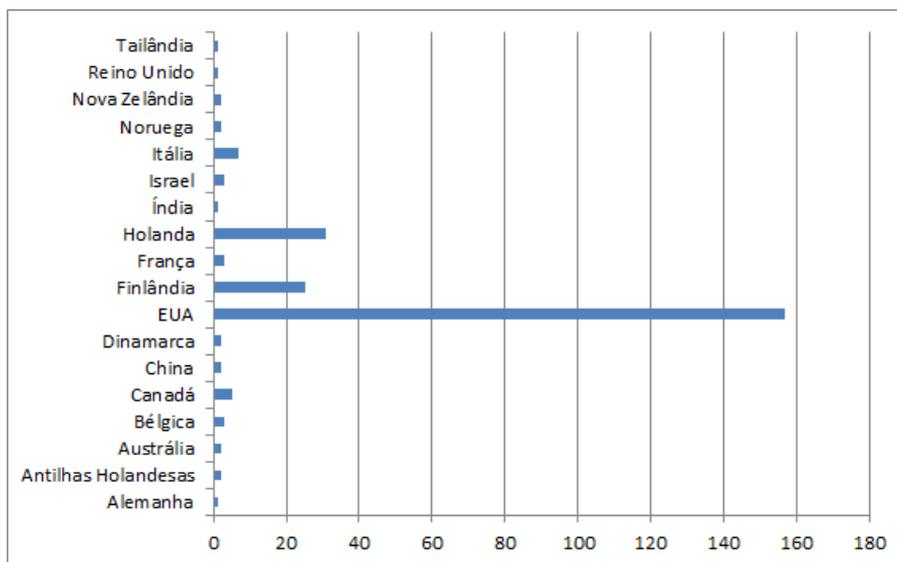
A Figura 10 mostra a distribuição de patentes depositadas por tipo de depositante: empresas ou universidades/centro de pesquisa. Pode-se notar que a grande maioria dos depósitos foi realizada por empresas (82% das patentes) e poucas patentes foram depositadas por universidades ou centros de pesquisa (apenas 18%).

A Tabela 4 mostra as principais instituições depositantes e o número de patentes que cada instituição depositou.

Através dos resultados observados, pode-se notar que a empresa Shell Internationale Research Maatschappij apresentou o maior número de patentes depositadas (30 patentes), seguida da UPO (24 patentes) e da Neste Oil (15 patentes).

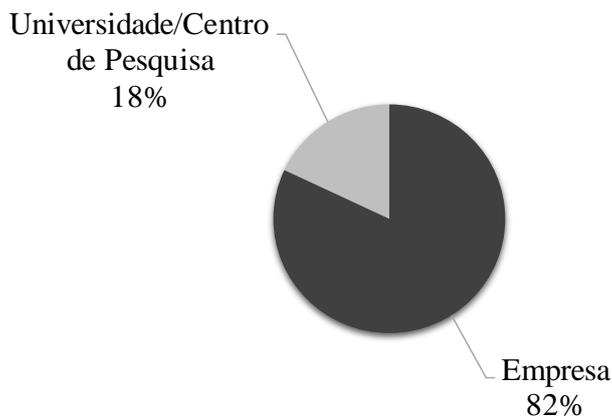
A Shell Internationale Research Maatschappij é uma empresa holandesa que deposita muitas patentes na área de desenvolvimento de tecnologias limpas, como é o caso do processo de HDO do bio-óleo.

Figura 9 - Distribuição dos depósitos de patentes no Espacenet – WIPO por ano, entre 2000 e 2013



Fonte: Autoria própria, 2014.

Figura 10 - Distribuição dos depósitos de patentes no Espacenet-WIPO por tipo de depositante, entre 2000 e 2013



Fonte: Autoria própria, 2014.

Como visto na Tabela 4, as três instituições que mais depositaram patentes foram a empresa Shell Internationale Research Maatschappij, seguida da UOP e da Neste Oil.

Tabela 4 - Patentes depositadas por instituição, entre 1998 e 2013

Instituição	Nº de patentes
Ben-Gurion University of the Negev	3
Bergen Teknologioverføring	2
Bioecon	2
Board of Trustees - University of Maine System	2

Tabela 4 - Patentes depositadas por instituição, entre 1998 e 2013

Instituição	Nº de patentes
Chevron	12
Conocophillips	2
DuPont	6
Energy & Environmental Research Center	2
Eni S.p.A	6
ExxonMobil	13
G4 Insights	3
GEVO	2
Haldor Topsoe	2
Ignite Energy Resources	2
Neste Oil	15
Phillips 66	10
Procter and Gamble	3
Rennovia	8
Sapphire Energy	2
Shell Internationale Research Maatschappij	30
Shell Oil	11
Solazyme	7
Stora Enso	2
Syntroleum	3
University of Louisville Research Foundation	2
UOP	24
UPM	10
Virent	11
Wisconsin Alumni Research Foundation	3

Fonte: A autoria própria, 2014.

CONCLUSÃO

O monitoramento tecnológico mostrou que o número de artigos publicados e de patentes depositadas na área de HDO do bio-óleo vem aumentando ao longo dos anos.

Em relação ao número de artigos publicados na base de dados Science Direct, observou-se que a maioria dessas publicações foi realizada pelos Estados Unidos. Além disso, foi observado que as universidades são responsáveis pelo maior número de artigos publicados, quando se compara com institutos de pesquisa e empresas.

Com relação ao número de patentes depositadas, comparando os resultados obtidos nas bases de dados do INPI e Espacenet-WIPO, foi encontrada uma quantidade bem menor de patentes na base de dados do INPI. É importante ressaltar que todas as patentes depositadas no INPI são

provenientes de instituições estrangeiras. Os resultados revelaram também que a maior parte dos depósitos de patentes foi feita por empresas, ao contrário do que foi detectado nas análises dos artigos publicados, onde as universidades se destacaram. Além disso, não foram encontradas patentes depositadas por empresas em parceria com universidades. Isso sugere uma falta de integração entre universidade e empresas.

Da mesma forma como foi detectado na análise de artigos publicados, os Estados Unidos depositou a maior parte das patentes na área de HDO do bio-óleo. Concluiu-se, ainda, que as empresas Shell Internationale Research Maatschappij, UPO e Neste Oil apresentaram o maior número de patentes depositadas, mostrando que são as três empresas mais envolvidas no desenvolvimento tecnológico do processo de HDO do bio-óleo.

Esses resultados mostram que, apesar do Brasil ter um grande potencial para a produção e o uso energético da biomassa em larga escala, as empresas, universidades e centros de pesquisa brasileiros não ocupam lugar de destaque nesta área, apresentando apenas alguns artigos publicados e nenhuma patente depositada.

PERSPECTIVAS

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que a tendência é de que o número de artigos e patentes depositadas na área de HDO do bio-óleo continue aumentando ao longo dos anos. Observou-se ainda um interesse de renomadas universidades e de grandes empresas nesta área. Esse resultado mostra a importância da inserção do bio-óleo na matriz energética mundial, indicando que esta tecnologia apresenta um grande potencial para ser utilizada como uma fonte de energia renovável no futuro. Por fim, sugere-se que sejam feitas novas buscas, utilizando-se outras bases de dados como Web of Science (no caso de artigos) e USPTO (para patentes).

REFERÊNCIAS

DEMIRBAS, M. F.; et al. Biowastes-to-biofuels. **Energy Conversion and Management**, v. 52, p. 1815-1828, 2011.

FURIMSKY, E.; et al. Catalytic Hydrodeoxygenation. **Applied Catalysis A: General**, v. 199, p. 147-190, 2000.

INPI – Instituto Nacional da Propriedade Intelectual. Disponível em: <www.inpi.gov.br>. Acesso em: 12 mai. 2014.

QI, Z.; et al. Review of biomass pyrolysis oil properties and upgrading research. **Energy Conversion and Management**. v. 48, p. 87-92, 2007.