CEFET/RJ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

ESTUDO DE TECNOLOGIAS PROVENIENTES DE BIODIESEL ATRAVÉS DE BIBLIOMETRIA E TÉCNICAS DE REDES SOCIAIS

Mariana de Araujo Portes

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre em engenharia de produção.

Orientador: Rafael Garcia Barbastefano

Rio de Janeiro
Março de 2017

ESTUDO DE TECNOLOGIAS PROVENIENTES DE BIODIESEL ATRAVÉS DE BIBLIOMETRIA E TÉCNICAS DE REDES SOCIAIS

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre em engenharia de produção.

Mariana de Araujo Portes

Banca Examinadora:

_____

Presidente, Professor Dr. Rafael Barbastefano (CEFET/RJ)

_____

Professor Dr. Estevão Freire (UFRJ)

_____

Professor Dr. Paulo Roberto de Campos (CEFET/RJ)

_____

Professora Dra. Cristina Gomes (CEFET/RJ)

_____

Professor Dr. Leonardo Lima (CEFET/RJ)

SUPLENTES

_____

Professora Dra. Paula Purcidonio (CEFET/RJ)

Rio de Janeiro

Março de 2017

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

AGRADECIMENTOS

RESUMO

Tendo em vista o crescimento da demanda por energia em escala global, cada vez mais se faz necessário pensar em maneiras de diversificar as fontes produtoras e torná-las mais eficientes. Por este motivo, esta dissertação apresenta um estudo que tem como objetivo analisar a produção tecnológica no setor de biodiesel a partir da observação dos depósitos de patentes feitos ao longo dos anos estudados. Isto foi possível através do uso de métricas quantitativas com um levantamento bibliométrico e também com métricas qualitativas, utilizando análise da rede de citações dos depósitos de patentes associados a este campo tecnológico. Para a obtenção de todas as patentes relacionadas ao biodiesel publicadas de 1993 até 2014, utilizou-se a base Derwent Innovations Index para coleta de dados. Através do levantamento bibliométrico, pode-se observar a evolução dos depósitos de patentes ao longo do tempo e conhecer os países e instituições que mais depositaram patentes, além das empresas e áreas com maior número de depósitos. As citações entre as patentes foram consideradas um indicador de qualidade, em que as patentes mais citadas possuíam maior relevância na rede. Com a análise das redes de citação geradas, encontrou-se as patentes mais citadas e as que mais influenciavam o desenvolvimento de pesquisas e a exploração tecnológica neste campo. O caminho principal da rede foi obtido pelo método SPC (Search Path Count) e, por seu intermédio, foi possível identificar as patentes que o compõem e as tecnologias apresentadas por cada uma delas. Apesar da produção de biodiesel ser uma alternativa para o fornecimento de energia através de fonte renovável, ela ainda possui algumas limitações que impedem sua expansão em escala, como seu custo, a necessidade de áreas de plantio de grande extensão e um plano para melhor aproveitamento dos coprodutos gerados em excesso. Após este levantamento, realizou-se uma análise de todas as patentes do caminho principal, buscando verificar se os principais temas abordados por elas tendiam a solucionar os desafios atualmente encontrados para a produção de biodiesel. Além de destacar os principais depositantes de patentes e classificações de depósitos do setor, identificou-se que a produção tecnológica da área está crescendo e convergindo para a resolução das barreiras encontradas em sua produção.

Palavras-chave: biodiesel.análise bibliométrica.redes de citação.patentes. redes sociais.

ABSTRACT

In view of the increasing energy demand in global scale, it is important to find ways to diversify the source of production and make them more efficient. For this reason, this dissertation presents a study with the objective of analysing the technological production in the biodiesel area from the observation of the patents deposition that were made over the years of study. This was possible through the use of quantitative metrics with a bibliometric study and also with qualitative metrics using analysis of the citation network of patent deposits associated with this technological field. The Derwent Innovations Index was used to data collection on all patents related to biodiesel published from 1993 to 2014. Through the bibliometric study it was possible to observe the evolution of patent deposits over time and find out the countries and institutions with the highest number of published patents and also the companies and areas with the most depositions. Patent citations were considered an efficient indicator in which the most cited ones had greater relevance in the network. With the analysis of the generated network it was possible to verify the most cited patents and those that most influenced the research development and the technological exploration in this field. The main path of the network was obtained by the SPC method (Search Path Count) and it was possible to identify the patents that compose it and the technologies presented by each of them. In spite of being a renewable alternative for the energy supply, the biodiesel production still has some limitations that prevents its expansion at large scale such as its costs, the need of extensive planting areas and a plan for a better use of the co-products generated in excess. An examination of all patents of the main path was made after the data collection seeking to verify if the main topics covered by them tended to solve the current challenges in biodiesel production. In addition to highlighting the main patents depositors and the classification of deposition in the field, it has been identified a growing technological development in the area that it is converging to the resolution of the barriers found in its production.

Keywords: biodiesel.bibliometric survey.citation network.patents.social network.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de reação de transesterificação de óleos vegetais. Nesse tipo de reação, um triacilglicerídeo reage com um álcool na presença de um catalisador, produzindo uma mistura de ésteres de ácidos graxos e glicerol (Retirado de GERIS *et al*., 2007)..... 17

Figura 2 – Rede simples não direcionada..... 27

Figura 3 – Rede completa..... 28

Figura 4 - Rede de citação com os pesos transversais dos vértices - Método de aplicação *Search Path Count* (Adaptado de Xiao *et al.*, 2014) 32

Figura 5 – Caminho principal da rede calculado pelo método *Search Path Count* – SPC (Adaptado de Xiao *et al.*, 2014) 33

Figura 6–Exemplo de família de patentes 42

Figura 7 – Identificação de topo de família de patente..... 44

Figura 8 – Exemplo de *loop* na rede..... 45

Figura 9 – Exemplo de pequeno ciclo na rede..... 46

Figura 10 – A evolução dos depósitos de famílias de patentes de biodiesel por ano 47

Figura 11 – A evolução dos depósitos de famílias de patentes de biodiesel por década 48

Figura 12 – Distribuição dos depósitos de patentes relacionadas ao biodiesel segundo a classificação internacional de patentes..... 49

Figura13 – Distribuição dos depósitos de patentes segundo a classificação internacional de patentes de biodiesel entre os anos de 1993 e 2014..... 50

Figura 14 – Lista das 20 empresas com mais famílias de patentes de biodiesel publicadas de 1993 a 2014..... 51

Figura 15 – Rede de citação 53

Figura 16 – Caminho principal da rede de citação pelo método *Search Path Count*..... 58

Figura 17 – Empresas depositantes das patentes do caminho principal pelo método *Search Path Count*..... 60

Figura 18 – Locais de proteção das patentes do caminho principal pelo método *Search Path Count*..... 61

Figura 19 – Caminho principal pelo método *Global Search Key-Route*..... 62

Figura 20 – Locais de proteção das principais patentes de biodiesel considerando as medidas de centralidade..... 65

Figura 21 – Empresas depositantes das principais patentes de biodiesel considerando as medidas de centralidade..... 65

Figura 22 – Classificação internacional das principais patentes considerando as medidas de centralidade..... 69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ferramentas utilizadas para realização da pesquisa 15

Tabela 2 – Conteúdo lipídico de alguns microrganismos 22

Tabela 3 – Principais desafios da produção do biodiesel e as tecnologias desenvolvidas para solucioná-los 25

Tabela 4 – Classificação internacional de patentes 38

Tabela 5 – Principais instituições/países depositantes de famílias de patentes em biodiesel 52

Tabela 6 – 10 patentes com maior grau de *output* 54

Tabela 7 – 10 patentes com maior grau de *input* 54

Tabela 8 – Top 10 famílias de patentes com maior domínio de *output* da rede de citação 55

Tabela 9 – Top 10 famílias de patentes com maior proximidade de prestígio da rede de citação 55

Tabela 10 – Top 10 de famílias de patentes de centralidade de proximidade da rede de citação 56

Tabela 11 – Top 10 famílias de patentes com maiores pesos transversais da rede de citação 57

Tabela 12 – Instituições depositantes das patentes do caminho principal pelo método *Search Path Count* 59

Tabela 13 – Principais depositantes de patentes em biodiesel pelo método *Global Search Key-route* 63

Tabela 14 – Principais patentes por centralidade 64

Tabela 15 – *Ranking* dos principais depositantes de famílias de patentes de biodiesel por medidas de centralidade e bibliometria 66

Tabela 16 – *Ranking* das principais empresas depositantes de patentes de biodiesel por medidas de centralidade e levantamento bibliométrico 67

Tabela 17 – 1º nível da classificação internacional das principais patentes por medidas de centralidade 68

Tabela 18 – Classificação internacional das principais patentes por medidas de centralidade..... 70

Tabela 19 – Assuntos das patentes do caminho principal..... 74

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO **12**
Objetivo geral 14
Objetivos específicos 14
Metodologia 15
Estrutura do trabalho 15
1. BIODIESEL **16**
2. REDES SOCIAIS **26**
2.1. Análise de Redes Sociais 26
2.2. Principais conceitos 27
2.3. Aplicações de redes sociais 33
3. PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA **35**
3.1. Patentes 36
4. METODOLOGIA **39**
4.1. Bibliometria 39
4.2. Levantamento de dados 41
4.3. Processamento dos dados e montagem da rede de citação 41
5. RESULTADOS **47**
5.1. A evolução do depósito de famílias de patentes 47
5.2. Principais áreas de depósito 49
5.3. Principais empresas e países 51
5.4. Rede de citação 52
5.5. Caminho Principal 57
5.6. Caminho Principal Global Search Key-Route 61
5.7. Medidas de centralidade 63
5.8. Descrição das patentes do caminho principal 70
6. DISCUSSÃO **75**
7. CONCLUSÃO **79**
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **81**

Introdução

O avanço no desenvolvimento social e tecnológico, acompanhado pelo crescimento populacional mundial, tem resultado em uma grande demanda de energia e aumento da poluição (ATABANI *et al*., 2012). De acordo com a Agência Internacional de Energia, um dos grandes desafios deste século é o fornecimento de energia, visto que as fontes atuais são inapropriadas, quando considerados aspectos ambientais, sociais e econômicos (IEA, 2011). Desse modo, a busca por fontes de energia, mais limpas e renováveis, tem crescido nos últimos anos.

Dentro deste contexto, o biodiesel tem substituído parcialmente o diesel nos setores de transportes e geração de energia em todo o mundo, a fim de minimizar os impactos ambientais (KNOTHE *et al*., 2006). O biodiesel foi descrito como fonte alternativa principal para que seja possível pôr em prática um importante programa que visa à troca do uso de diesel de petróleo no Brasil pelo biodiesel, material advindo de óleos vegetais (PUTTI *et al*., 2012). Dentre as vantagens do uso do biodiesel estão: ser produto renovável, gerar pouca poluição, incentivar a economia e o desenvolvimento rural. Este combustível tem como fontes de matéria-prima óleos vegetais e gordura animal, e a produção de biodiesel até o ano de 2008 baseou-se no uso de óleo e metanol (MARQUES *et al*., 2008; MEHER *et al*., 2006).

Considerando os aspectos positivos relacionados às pesquisas na área tecnológica de interesse e os motivos anteriormente expostos, percebe-se que uma análise da produção tecnológica no setor de biodiesel é um tema que apresenta relevância de estudo (DE MELO MARICATO, 2010). Apesar da importância e dos pontos favoráveis apresentados, há uma série de limitações no que concerne a este campo de pesquisa, como a competição dos combustíveis com os alimentos, o desmatamento e as limitações tecnológicas. Um dos fatores que ainda impedem a produção do biodiesel em larga escala é o seu alto custo quando comparado ao diesel. De forma a expandir a produção e o uso do biodiesel, se faz necessário um estudo de novas tecnologias capazes de tornar este processo mais eficiente e viável economicamente, através, por exemplo, do reaproveitamento de coprodutos do biodiesel (DEMIRBAS, 2008).

Para se fazer uma análise da produção tecnológica e buscar um posicionamento do setor de biodiesel, foi utilizada a técnica de bibliometria, definida por Norton (2000) como a maneira de medir textos e informações. A bibliometria pode ser usada para entender o passado da tecnologia de interesse e a partir destas informações, ter embasamento para prospectar o futuro da tecnologia. Este tipo de estudo apresenta como vantagens: auxiliar a organizar e analisar grande volume de dados históricos, ajudando pesquisadores a identificar os padrões existentes neste grande volume de dados, que a princípio são difíceis de serem interpretados, e com isso o processo de tomada de decisão dos mesmos seja mais assertivo. Algumas ferramentas que têm sido usadas para bibliometria são análise de autores, afiliações, análise de citação, análise de co-citação, análise de patentes, entre outras (MORRIS, *et al.*, 2002).

Uma das ferramentas utilizadas neste trabalho foi a análise de patentes, que são direitos exclusivos concedidos a invenções, que fornecem em seu conteúdo uma solução técnica para um dado problema. Os documentos de patentes devem conter todas as informações técnicas sobre a invenção e devem ser divulgadas ao público em um pedido de patente (WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION – WIPO, 2015). A análise de patentes, para Daim *et al.* (2006), é uma abordagem valiosa que se utiliza de dados de patentes para obter informações sobre uma determinada tecnologia, e a partir delas prospectar novas tecnologias.

Além da análise de patentes, foi utilizada como ferramenta metodológica, a análise de redes sociais, que objetiva interpretar grandes volumes de dados e decifrar as relações entre os componentes das redes. Estes componentes podem ser países, organizações, pessoas, patentes, entre outros. A partir da análise destas relações, pode-se tirar conclusões estratégicas que são capazes de auxiliar os tomadores de decisão (ZHU *et al*., 2010). Este tipo de análise tornou-se muito importante em muitas organizações, uma vez que, segundo Cross e colaboradores (2004), elas interligam pessoas, organizações e grupos em todo o mundo, tendo como principal objetivo, detectar padrões existentes nas relações sociais entre os seus componentes (DE NOOY *et al*., 2005).

A pesquisa deste trabalho foi feita com base nos depósitos de famílias de patentes relacionadas ao biodiesel, e os resultados foram obtidos a partir de indicadores bibliométricos e análise das redes de citação destas famílias de patentes. Entende-se por

família de patentes um conjunto de documentos de patentes depositado em diferentes países, mas que estão relacionados à mesma invenção (SOARES *et al*., 2010).

Objetivo geral

Analisar a produção tecnológica no setor de biodiesel a partir da observação das patentes depositadas ao longo dos anos estudados.

Objetivos específicos

- Mostrar a evolução dos depósitos das famílias de patentes ao longo do tempo, através de análise bibliométrica;
- Analisar as patentes mais relevantes de acordo com critérios de redes sociais;
- Identificar o fluxo de conhecimento mais relevante na rede de citação (caminho principal) e as principais empresas e áreas de publicação;
- Averiguar se as patentes do caminho principal visam a superar os desafios enfrentados para a produção de biodiesel.

Metodologia

Esta pesquisa adotou como metodologia uma análise bibliométrica de documentos de patentes relacionados ao biodiesel, extraídos da base de dados Derwent Patent Index, banco de dados de patentes mundial que possibilita o acesso online aos usuários. Em complemento ao estudo bibliométrico realizado, foram utilizadas técnicas de redes sociais, como a análise da rede de citações das famílias de patentes do setor de biodiesel. A Tabela 1 mostra das ferramentas metodológicas utilizadas, foram elas: o banco de dados de patentes Derwent Patent Index; softwares para tratamento de grandes volumes de dados como Microsoft Excel e Open Refine; e o software de redes sociais Pajek, ambos com o objetivo de identificar os principais autores e empresas depositantes de patentes e verificar se os assuntos tratados pelas patentes estão relacionados às necessidades desta área.

Tabela 1 – Ferramentas utilizadas para realização da pesquisa

Ferramenta	Aplicação
Derwent Patent Index	Banco de dados de onde foram extraídas as família de patentes
Microsoft Excel	Tratamento dos dados de patentes
Open Refine	Software utilizado para mineração dos dados extraídos da plataforma
Pajek	Software de redes sociais utilizado para obtenção da rede de citações

Estrutura do trabalho

O trabalho possui sete capítulos, sendo o primeiro uma revisão teórica sobre biodiesel, o segundo mostra os principais conceitos de redes sociais, o terceiro capítulo apresenta uma breve revisão sobre prospecção tecnológica e patentes, o quarto detalha a metodologia aplicada à pesquisa, o quinto capítulo apresenta os resultados obtidos neste experimento, o sexto capítulo realiza a discussão e o sétimo as conclusões do trabalho.

1. Biodiesel

O biodiesel surgiu como um combustível alternativo aos oriundos de petróleo e, por definição, é um combustível natural substituto do diesel, que pode ser produzido a partir de fontes renováveis como óleos de vegetais e algas, gordura animal, óleo utilizado para a cocção de alimentos e óleo oriundo de microrganismos oleaginosos. Quimicamente, o biodiesel é um tipo de éster oriundo de lipídeos de ocorrência natural e pode ser produzido juntamente com a glicerina, através da reação de triglicerídeos com etanol ou metanol na presença de um elemento catalisador desta reação (SCHUCHARDT *et al.*, 1998; ZAGONEL *et al*., 2001; RAMOS, 1999).

Entre as etapas de produção de biodiesel está um processo químico chamado transesterificação. Este processo gera dois produtos, ésteres (biodiesel) e glicerina (produto utilizado em geral para produzir sabões, entre outros), e consiste na reação química de triglicerídeos com álcoois na presença de um catalisador. Os triglicerídeos estão presentes em óleos e gorduras (vegetais ou animais), em que os ácidos graxos formam ésteres com o glicerol. Os álcoois mais usados são o metanol ou etanol. O catalisador pode ser de origem ácida, alcalina ou enzimática. De modo geral, a transesterificação constitui processo químico para modificação da estrutura molecular do óleo vegetal, tornando-a praticamente idêntica à do óleo diesel e por consequência com características físico-químicas similares (PLANO NACIONAL DE AGROENERGIA, 2006; DANTAS, 2006; LIMA *et al*., 2007). A reação de transesterificação leva à redução da viscosidade, da densidade e do ponto de fulgor do combustível (SHAID *et al*., 2008; ALBUQUERQUE *et al.*, 2009), porém a separação do biodiesel e glicerina, que é um dos principais produtos do processo, é uma etapa lenta, exigindo longo processo operacional e grandes equipamentos, refletindo em alto custo da produção (SHIRAZI *et al*., 2013). A produção de biodiesel via transesterificação, processo mais utilizado no Brasil, envolve as etapas de extração do óleo e preparo da matéria-prima, reação de transesterificação, separação de fases, recuperação do álcool dos ésteres, recuperação do álcool da glicerina e purificação dos ésteres (biodiesel) (PARENTE, 2003). A Figura 1 a seguir ilustra o processo de transesterificação descrito anteriormente.



Figura 1 – Esquema de reação de transesterificação de óleos vegetais. Nesse tipo de reação, um triacilglicerídeo reage com um álcool na presença de um catalisador, produzindo uma mistura de ésteres de ácidos graxos e glicerol (Retirado de GERIS *et al*., 2007).

O uso de óleos vegetais em motores a diesel tem data anterior a 1893, sendo o óleo de amendoim utilizado pelo inventor alemão Rudolf Diesel. Porém, devido ao baixo custo e a disponibilidade de diesel do petróleo, o uso de óleos vegetais foi descontinuado quase completamente em 1920. Assim, os motores a diesel foram adaptados para funcionar com diesel de origem fóssil com viscosidade baixa. Em 1980, devido à dependência de combustíveis fósseis, preocupações ambientais e de segurança energética, o uso de óleos naturais como energia foi novamente considerado. No entanto, a utilização de óleos vegetais sem modificações provoca alguns inconvenientes, devido à sua viscosidade elevada e menor volatilidade. Algumas estratégias foram desenvolvidas para contornar os problemas inerentes à viscosidade mais elevada de óleos naturais, e o processo de melhor performance é a transesterificação, que converte quimicamente os óleos naturais a seus ésteres de alquila, que são chamados genericamente de "biodiesel". O biodiesel pode ser utilizado em motores de diesel existentes com pouca ou nenhuma modificação devido às suas propriedades físicas semelhantes às do diesel mineral (AGHBASHLO *et al.*, 2016).

Entre as vantagens do emprego do biodiesel estão: a não exigência de adaptação dos motores que receberão o biocombustível (podendo ser utilizado puro ou em mistura com o diesel de mineral); não apresentar compostos orgânicos nocivos ao ser humano (ZUNIGA *et al*., 2011), sendo praticamente isento de enxofre e de compostos aromáticos; propiciar menor emissão de material particulado e maior biodegradabilidade; ser proveniente de fontes renováveis (SANTOS *et al*., 2007). O caráter renovável do biodiesel pode se associar, porém não exclusivamente, à origem da matéria-prima (de práticas agrícolas), e também pela capacidade das plantas de

assimilar o gás carbônico emitido na queima do combustível (Dantas, 2006), apresentando, portanto, a longo prazo, potencial para substituição definitiva dos combustíveis fósseis (VONORTAS *et al.*, 2014).

No Brasil, o processo produtivo do biodiesel agrega valores no âmbito ambiental, econômico e social, favorecendo a redução na emissão de poluentes, gerando renda e inserindo agricultores familiares na cadeia produtiva do biodiesel. O "Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel" desenvolveu o "Selo Combustível Social", instrumento que tem por objetivo a inclusão social e produtiva da agricultura familiar, o desenvolvimento regional e a produção sustentável de matéria prima para energia renovável. As indústrias produtoras de biodiesel podem ser portadoras do selo se atendem a alguns requisitos, como: se adquirem matéria-prima oriunda da agricultura familiar, se estabelecem previamente os contratos para que os agricultores tenham garantia de venda, e se fornecem acesso à "Assistência Técnica e Extensão Rural" aos produtores familiares fornecedores de matéria-prima (MDA, 2016).

Dependendo da matéria-prima utilizada para sua produção, o biodiesel pode ser classificado como: a) Biodiesel de primeira geração: quando se origina de matérias-primas como óleos vegetais comestíveis, o que gera uma discussão em torno da competição dos combustíveis com os alimentos, e também com desmatamento e problemas ambientais que ocorrem com a utilização da terra agrícola e água; b) Biodiesel de segunda geração: quando sua produção ocorre a partir de óleo de cozinha já utilizado anteriormente, gordura animal ou óleos não comestíveis, e apesar de apresentar vantagens, devido à disponibilidade limitada, ainda não são produzidos em larga escala; c) Biodiesel de terceira geração: produzido a partir de algas, porém não há produção em larga escala devido às barreiras tecnológicas ainda existentes; d) Biodiesel de quarta geração: oriundo de microrganismos geneticamente modificados ou não, também não é produzido em larga escala (SAHOO *et al*., 2012).

Apesar dessas diversas fontes, atualmente, a primeira categoria de óleos só poderia substituir o consumo global de diesel comum em um pequeno percentual, cerca de 3%. Além disso, o segundo grupo também só poderia substituir uma fração muito pequena do diesel mineral se as suas outras aplicações fossem suspensas. Por outro lado, os óleos não-comestíveis como matéria-prima do biodiesel, que seriam alternativa sustentável, tiveram sua produção extinta para essa finalidade, pois se julgou

financeiramente inviável, além de seu uso incentivar culturas com excesso de fertilizantes, a utilização de pesticidas e o uso da terra para outros fins que não a produção alimentícia (AGHBASHLO *et al.*, 2016).

As novas alternativas de tecnologia para produção de biodiesel têm ganhado destaque, como as relacionadas aos combustíveis de segunda geração. Este tipo de biodiesel pode ser produzido a partir de matéria-prima como o óleo de cozinha, que é um resíduo urbano muito utilizado pela população, podendo ser também endereçado à produção de sabão e detergentes, ração animal, resina para colas. Porém, o descarte inadequado do óleo no ambiente gera prejuízos ambientais, pois, sendo mais leve que a água, ao entrar em contato com a mesma forma uma película, reduzindo ou impedindo a troca de oxigênio dos seres vivos do ecossistema relacionado, o que pode causar a morte de muitas espécies. O óleo, devido a sua viscosidade, é capaz de impermeabilizar o solo, provocar a agregação de partículas que acabam por ocasionar problemas em tubulações que afetam o escoamento, provocando enchentes e poluição na água (SABESP, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Esse é um grande problema no Brasil, onde são descartados cerca de 9 bilhões de litros de óleo de cozinha por ano, enquanto apenas 2,5% são reciclados (SANTOS, 2007). Este volume não reciclado poderia comprometer a qualidade de 161,46 trilhões de litros de água ao ano, sendo necessários 2.650 anos para que se pudesse tratar toda a água poluída pelo óleo de cozinha nesse período. Se o descarte desse material causa problemas, a sua reutilização e reinserção na cadeia produtiva, como na produção de biodiesel e também de sabão, minimizaria os impactos ambientais, gerando valor a este resíduo, que adquire importância econômica (SABESP, 2007). Após a obtenção do óleo de cozinha, recolhido de restaurantes e condomínios, se torna necessário um processo de separação dos resíduos sólidos que o compõem (geralmente restos de alimentos) e remoção da umidade presente no óleo. Esses processos ocorrem por filtração e decantação, respectivamente, e somente após essa separação é possível utilizar o óleo para reciclagem (RIZZETTI *et al*., 2016).

O custo de produção do biodiesel sofre variação de acordo com o custo da matéria-prima utilizada, que, quando se trata do óleo de cozinha reutilizado, é gratuita. Os custos referentes ao processo e aos demais produtos necessários à reação química são estimados em torno de R$ 0,30 por litro de óleo, cerca de R$ 1,05 por litro de

biocombustível, quando se trata do combustível puro. Enquanto que a queima do combustível diesel comum emite 2.669 Kg de CO_2 por litro de combustível queimado, o diesel B5, ou seja, o diesel padrão existente no Brasil atualmente apresenta uma redução de poluição em relação ao diesel comum, de 3,75%. Já o diesel B20, alcança um índice de redução da poluição de 15,28%. Assim, a redução do uso do diesel comum, favorecida por combustíveis alternativos, implica na redução de emissão do CO_2, um dos principais gases do efeito estufa (Revisto por RIZZETTI *et al*., 2016).

Outras matérias-primas alternativas para a produção do biodiesel são as microalgas, cuja utilização como fonte renovável de energia surgiu desde os anos 2000, quando o preço do petróleo sofreu aumento e atentou-se também para o impacto da queima dos combustíveis fósseis sobre o aquecimento global (CHISTI, 2007). O biodiesel produzido a partir de microalgas apresenta diversas vantagens, devido ao alto rendimento lipídico que as algas podem dar origem, quando em comparação aos vegetais. Entre estes pontos positivos estão: a) o acúmulo de lipídios em células isoladas, o que torna o processo de extração dos mesmos, mais eficiente, excluindo a necessidade de processamento prévio; b) possibilidade de colheita contínua do material, devido à velocidade de crescimento; c) manutenção do crescimento mesmo em condições ambientais extremas, não favoráveis à agricultura convencional (SANTOS, 2012).

Apesar dos altos rendimentos da produção de lipídios de algumas espécies de microalgas, há um alto custo da produção do biodiesel oriundo de algas em comparação ao diesel de petróleo. Um tipo de cultivo de algas já estabelecido, cultivo fototrófico, utilizado para cultivar algas para fins alimentícios, apresenta baixa produtividade de biomassa oleaginosa para gerar biodiesel. Assim, novos estudos surgem na tentativa de otimizar o cultivo de microalgas oleaginosas, que estão relacionados à manipulação de variáveis físico-químicas e metabólicas. As mais exploradas são a limitação de nitrogênio (ILLMAN *et al*., 2000; MUJTABA *et al*., 2012) e alterações no metabolismo de carbono através da fototrofia, heterotrofia e mixotrofia. Essas alterações visam a acelerar o crescimento das microalgas e também aumentar o teor de óleo nessas espécies.

As condições de estresse e limitação nutricional a que as microalgas são submetidas alteram a síntese de proteínas, direcionando o fluxo de carbono à formação

de moléculas como carboidratos e lipídios (RIGANO *et al*., 1998). Porém, algumas estratégias utilizadas para o aumento do conteúdo lipídico destas algas podem afetar o rendimento final da biomassa, surgindo a necessidade de estabelecer-se um equilíbrio entre produtividade de biomassa e de óleo (WANG, 2008). Tem sido realizado o cultivo em etapas, primeiro, na presença de alto teor de nitrogênio, favorecendo o crescimento da alga, e posteriormente uma fase na ausência de nitrogênio, permitindo o acúmulo de lipídeos/óleos (MUJTABA *et al*., 2012; DEVI *et al*., 2012), sempre com o objetivo de tornar a matéria-prima mais adequada para produzir biodiesel.

Outra alternativa a ser adotada é a utilização de espécies de organismos potencialmente geradoras da matéria-prima necessária à produção do biodiesel. Estudos mostram que a quantidade de patentes e artigos existentes relacionadas à utilização de micro-organismos como matrizes para a produção de biocombustíveis vem crescendo, e os Estados Unidos são o principal país produtor de estudos e patentes referentes ao tema (DE ALMEIDA GOMES *et al*., 2013).

Algumas espécies de fungos, bactérias e microalgas têm o potencial de acumular altos níveis de lipídios e podem ser produzidos em escala industrial, o que abre a possibilidade de substituição do óleo obtido de sementes de plantas oleaginosas pelo óleo produzido por esses micro-organismos como matéria-prima para produzir o biodiesel. Alguns micro-organismos que apresentam altos níveis de lipídios estão listados na Tabela 2 (MENG *et al*., 2009; CHISTI, 2007; ILLMAN *et al*., 2000; GOUDA *et al*., 2008; PAPANIKOLAOU *et al*., 2004; FAKAS *et al*., 2008; FAKAS *et al*., 2009; VICENTE *et al*., 2009). As leveduras e fungos são considerados potenciais fontes de óleo para a produção de biodiesel, pois acumulam grandes quantidades de lipídios e os rendimentos de ésteres metílicos são bem satisfatórios (VICENTE *et al*., 2010).

Tabela 2 – Conteúdo lipídico de alguns microrganismos

Microrganismos		Conteúdos Lipídicos (%)
Microalgas	*Chlorella vulgaris*	40-60
	C. emersonii	63
	Mannochoris sp.	38-68
	Schizochytrium sp.	50-77
Fungos	*Aspergillus orzae*	57
	Cunninghamella echinulata	40-47
	Mortierella isabellina	68-86
	Mucor circinelloides	20
Leveduras	*Lypomices starkegi*	64
	Rhodotula glutinis	72
Bactérias	*Gordonia sp.*	93
	Rhodococus opacus	96

Com a substituição das fontes de insumos para biodiesel por matéria-prima produzida por micro-organismos, a disponibilidade de áreas para cultivo de vegetais e plantas destinadas à alimentação pode ser ampliada, fazendo assim com que a concorrência com a produção de alimentos diminua (VICENTE *et al.*, 2010; AJANOVIC, 2011). Assim, além de grande reflexo na disponibilidade de alimentos de origem agrícola e no preço dos mesmos, em relação aos impactos ambientais, a utilização de grandes extensões de solos promove a emissão de gases que colaboram para o desequilíbrio do efeito estufa.

Na produção do biodiesel são gerados resíduos e coprodutos, e o seu aproveitamento auxilia o estabelecimento de um processo que seja sustentável e economicamente viável. Os principais resíduos sólidos são a torta ou farelo, gerados pelo processo de prensagem dos grãos para a extração do óleo vegetal, e a glicerina, produto da reação de transesterificação para geração de biodiesel. A torta residual é utilizada para alimentação animal, como adubo orgânico e também na produção de energia térmica. A glicerina vem sendo alvo de estudos relacionados à sua transformação química em produtos de maior valor agregado, sobretudo a produção de aditivos para combustíveis, e de intermediários, utilizados, por exemplo, para a produção de plásticos (MOTA *et al*., 2011).

A glicerina é uma matéria-prima que pode ser empregada em diversos setores das indústrias de cosméticos, saboaria, farmacêutico, alimentício, entre outros. No processo de produção de biodiesel, a cada 90 m^3 de biodiesel produzidos pelo processo de transesterificação de óleos vegetais são gerados aproximadamente 10 m^3 de glicerina. Entretanto, a glicerina obtida apresenta impurezas como: água, catalisador alcalino, álcool não reagido, e ácidos graxos, entre outros compostos. Como o processo de purificação da glicerina é de alto custo, é mais vantajoso utilizar a glicerina em processos que não dependam de alto grau de pureza. Entre as reações de processamento da glicerina para utilização em processos industriais, estão:

a) Hidrogenólise: gera o propilenoglicol, que possui propriedade anti-congelante e pode servir de matéria-prima para a produção de produtos farmacêuticos, alimentícios, cosméticos, detergentes e tintas, entre outros; e o 1,3-propanodiol, utilizado na produção de fibras sintéticas, como na reação com ácido tereftáfico, por exemplo, produzindo um poliéster muito usado na indústria têxtil. Em condições específicas, a partir da glicerina pode se produzir n-propanol e isopropanol, além de propeno e propano, e esses derivados podem ser empregados na confecção de plásticos verdes (MOTA *et al*., 2009);

b) Eterificação: produz compostos de menor polaridade e viscosidade e, por conseguinte, de maior volatilidade, fazendo com que os éteres do glicerol tenham muitas aplicações, sobretudo como aditivos para combustíveis e solventes. Os éteres etílicos têm potencial de diminuir o ponto de congelamento do biodiesel, sendo utilizados como aditivos. O biodiesel, sobretudo os produzidos a partir da palma e de gordura animal, possuem ponto de congelamento em torno de 18ºC, o que gera problemas de fluxo, no inverno, sobretudo nas regiões sul e sudeste do país. Assim, os éteres da glicerina poderiam ser misturados como aditivos ao próprio biodiesel (MOTA *et al*., 2006);

c) Esterificação: a produção de mono, di ou triacetatos de glicerol é obtida pela reação da glicerina com ácido acético, em presença de catalisadores ácidos (GONÇALVES *et al*., 2008). Os monoésteres de glicerol podem ser utilizados como emulsificantes na indústria alimentícia, cosmética e farmacêutica, já a triacetina é usada na indústria de cosméticos e de tabaco, e tem sido considerada um potencial aditivo para biodiesel (GARCIA *et al*., 2008);

d) Oxidação: a oxidação da glicerina pode produzir compostos como a 1,3-di-hidroxiacetona, utilizada em bronzeadores artificiais e também na produção de polímeros. O método mais tradicional de produção envolve a fermentação do glicerol com *Gluconobacter oxydans* (CIRIMINNA *et al*., 2006). O gliceraldeído, molécula importante no metabolismo de carboidratos, pode ser produzido pela oxidação do glicerol com a utilização de catalisadores de platina;

e) Desidratação: as reações de desidratação da glicerina geram, por exemplo, ácido acrílico, que é utilizado como matéria-prima na fabricação de polímeros superabsorventes, usados em fraldas descartáveis, tintas, adesivos e peças decorativas, dentre outras aplicações. O Brasil não possui capacidade de produzir em escala industrial o ácido acrílico, que é industrialmente produzido em duas etapas a partir do propeno. O desenvolvimento de catalisador bifuncional, que converta a glicerina, obtida pela produção do biodiesel, em ácido acrílico, é um grande desafio (MOTA *et al.*, 2011);

f) Acetalisação e Cetalisação: reações de acetalisação do glicerol com aldeídos podem ser importantes rotas de destinação da glicerina excedente, pois geram acetais, que são utilizados como aditivos ao biodiesel, melhorando as propriedades de fluxo a frio, tais como o ponto de névoa (temperatura em que algumas moléculas começam a agregar-se, formando cristais). A presença dos cristais deixa o biodiesel turvo, e altera o ponto de fluidez, que é a temperatura que o líquido para de fluir; As reações de cetalisação da glicerina com acetona produzem um único produto, conhecido como “solketal”, utilizado em mistura com a gasolina, funcionando assim também como aditivo (MOTA *et al*., 2010).

A Tabela 3 a seguir ilustra os principais desafios encontrados na produção do biodiesel e as tecnologias que vêm sendo desenvolvidas a fim de reduzir os impactos das limitações apresentadas.

Tabela 3 – Principais desafios da produção do biodiesel e as tecnologias desenvolvidas para solucioná-los

Desafios produção do biodiesel	**Tecnologias desenvolvidas**
Necessidade de grandes extensões de áreas plantadas; Competição dos combustíveis com os alimentos.	Patentes voltadas à produção de biodiesel a partir de algas e microrganismos e não de óleos vegetais
Excesso de coprodutos gerados de sua reação	Patentes que descrevem técnicas com a glicerina como base para aditivos de combustíveis; Patentes que tratam a água residual do processo de produção de biodiesel.
Limitações tecnológicas; Alto custo; Dependência dos combustíveis fósseis.	Patentes voltadas para a produção de aditivos de combustíveis; Produção de biodiesel com solventes.

2. Redes Sociais

2.1. Análise de Redes Sociais

De acordo com De Nooy *et al*. (2005), uma rede é composta por um conjunto de vértices ou nós e um conjunto de linhas, onde cada linha conecta dois vértices. Um vértice é o menor componente de uma rede, e na Análise de Redes Sociais (ARS) equivale a um ator, que pode ser uma pessoa, uma organização, um país, uma patente, entre outros. Uma linha ou aresta, na ARS representa uma ligação social entre dois atores da rede.

As redes sociais, segundo Cross *et al.* (2004), interligam pessoas, organizações e grupos em todo o mundo, e a análise destas redes tornou-se uma ferramenta importante em muitas organizações. A análise de redes sociais é utilizada para investigar redes, que são formadas por nós (atores ou grupos de atores sociais), e arestas, que representam as relações entre os atores sociais (ZHU *et al.*, 2010). O principal objetivo da ARS é detectar e interpretar padrões existentes nas relações sociais entre os atores (DE NOOY *et al*., 2005).

Com o rápido desenvolvimento de ferramentas de ARS, como Ucinet e Pajek, esta técnica tem sido gradualmente aplicada como método chave de pesquisas abordando diversos temas importantes em estudos de gestão, tais como a transferência de conhecimentos e mobilização de recursos (BODIN *et al.*, 2009; CARLSSON *et al.*, 2008; NEWIG *et al*., 2010).

Zhu *et al*. (2010) destacam que com o objetivo de interpretar grandes volumes de dados e decifrar os componentes das redes, os tomadores de decisão utilizam ferramentas informatizadas de visualização econceitos como a centralidade e a intermediação, que serão apresentados neste capítulo, e ainda defendem que a interface visual do sistema projetado para suportar as análises de rede desempenha um papel crucial no processo de tomada de decisão.

2.2. Principais conceitos

O conceito de grau em uma rede social indica o número de arestas incidentes em um vértice, o que significa, da mesma forma, o número de vértices adjacentes a um dado ator social. A rede não direcionada mostrada na Figura 2 ilustra o conceito de grau de um vértice, onde cada vértice está identificado através de números e o vértice com maior grau é o vértice 2, com grau igual a 3, pois se conecta com os vértices 1, 4 e 5.

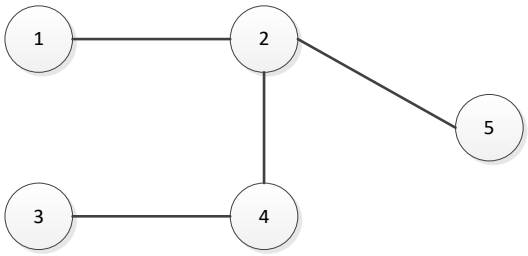


Figura 2 – Rede simples não direcionada

Considerando uma rede direcionada, é preciso distinguir entre o número de arcos recebidos por um dado vértice (grau de *input*) e o número de arcos emitidos por cada um dos vértices (grau de *output*). Considerando uma rede de citação de patentes, quanto maior o grau de *input*, mais vezes uma determinada patente fez uma citação e quanto maior o grau de *output*, mais vezes uma patente foi citada.

O conceito de densidade em redes sociais se refere ao número de linhas existentes em uma rede, dividido pelo número máximo de linhas possíveis desta rede. Se a rede estudada for uma rede completa (há conexões diretas entre todos os vértices da rede), esta terá sua densidade máxima (DE NOOY *et al*., 2005). Aplicando este conceito ao exemplo anterior, nota-se que há quatro linhas na rede e o número máximo possível de linhas nesta rede está ilustrado a Figura 3 a seguir, em que o número total de arestas possíveis é dez.

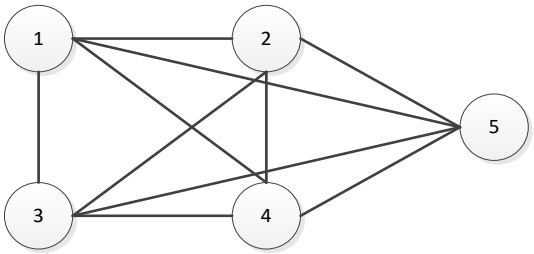


Figura 3 – Rede completa

Para se obter a densidade da rede da Figura 2, deve-se dividir o número de conexões existentes na rede, 4, pelo número total de ligações possíveis na rede (Figura 3), 10. Portanto, a densidade da rede é 0,4.

Newman (2004) apresenta o conceito de componente, e descreve que se trata de um conjunto de vértices unidos de tal forma que um vértice da rede pode alcançar qualquer outro nó aleatório percorrendo um caminho da rede através de vértices intermediários. Entende-se por caminho, um percurso entre dois determinados vértices, no qual nenhum vértice entre o primeiro e o último vértice da caminhada ocorre mais de uma vez. Denomina-se componente gigante, o componente com o maior número de vértices da rede. O domínio de um vértice em uma rede direcionada é o número total de vértices que se conectam ao dado vértice através de um caminho.
A proximidade prestígio de um vértice é calculada pela divisão de todos os vértices (exceto ele mesmo) em seu domínio de *input* dividido pela distância média de todos os vértices em seu domínio de *input*. (DE NOOY *et al*., 2005).

A centralidade é um conceito que descreve os nós ou os atores mais importantes em uma rede, em que os atores classificados como principais possuem alta centralidade. Três tipos de centralidade da rede foram distinguidos por Freeman (1978): a centralidade de grau, centralidade de proximidade (*closeness*) e centralidade de intermediação (*betweenness*). A centralidade de grau mede a popularidade de um ator com base no número de outros atores aos quais o mesmo está ligado. Um ator com alta centralidade de grau está ligado a muitos outros atores, servindo como um hub na rede. Uma vez que a forma mais eficaz de se comunicar com um grupo é através de seu centro, o ator mais central se torna muito influente nesta rede (WASSERMAN *et al.*, 1994).

A premissa da centralidade de proximidade (*closeness*), de acordo com Kumar *et al.* (2014), gira em torno de quão próximo um ator está de todos os outros atores da rede. A centralidade de proximidade descreve a eficiência de propagação de informações a partir de um ator a todos os outros, e é definida como o inverso da soma das distâncias entre um determinado ator e os demais da rede (WASSERMAN *et al.*, 1994). Considerando uma matriz simétrica de ordem n, em que d_{ij} representa a menor distância de i para j, e $1 \leq i, j \leq n$. A centralidade de proximidade de cada vértice v_i é calculada com base na equação a seguir e o elemento mais central da rede é aquele cujo valor de $C_c(v_i)$for menor, o que indica que este elemento se comunica de forma mais rápida com os outros vértices da rede.

$$C_c(v_i) = \sum_{j=1}^{n} d_{ij} \quad (1)$$

Zhu *et al.*(2010) afirmam que *betweenness* é uma medida de centralidade de intermediação que determina quão importante é um ator em relação ao fluxo de informações de toda a rede. É calculado com base no número de outros atores conectados a um ator da rede, quando esses outros atores não têm ligação uns aos outros, ou seja, caso a ligação com o ator central deixe de existir, a relação dos atores periféricos também acaba. O *betweeness* de um ator central é maior quanto mais isolados forem os atores aos quais o ator central estiver conectado, pois este passa a ser um ator chave para a troca de informações na rede. A expressão para calcular a centralidade de intermediação para um elemento v_i é:

$$C_b(v_i) = \sum_{j<k} \frac{g_{jk}(v_i)}{g_{jk}}, i \neq, j \neq, k, \quad (2)$$

onde g_{jk} é o número de caminhos geodésicos que conectam o vértice j ao vértice k e $g_{jk}(v_i)$ é a quantidade destes caminhos que passam por v_i.

Uma rede de citação, segundo Verspage (2007), pode ser vista como um conjunto de vértices e arestas, onde um vértice representa uma publicação e uma aresta

denota a relação de citação entre duas publicações. Os vértices podem ser de quatro tipos: a) vértices fontes, que são os que não fazem citações, mas são citados, ou seja, são origem do conhecimento; b) vértices do tipo poço, que citam outros vértices, mas que não são citados, são os pontos nos quais a disseminação de conhecimento é finalizada; c) vértices intermediários, os que citam e são citados; e d) vértices isolados, que não fazem citações nem são citados. As relações de citação entre as publicações formam uma rede que revela o fluxo de conhecimentos e proporciona oportunidade para, de forma quantitativa, avaliar a importância de artigos ou patentes específicas. A relação de citação entre duas publicações indica como o conhecimento flui, e um grande número de relações de citação formam uma rede direcionada, que revela como o conhecimento se dissemina através dela. Quanto mais tempo de desenvolvimento tiver o campo de estudo, maior e mais densa será a rede relacionada a este campo (LIU *et al*., 2013).

O conceito de prestígio estrutural para Soczka (2005) é aplicável ao grau de centralidade do ator social medido, não somente pelas citações diretas que recebe, porém também pela centralidade e prestígio do ator social que realiza a citação. O valor do prestígio estrutural é considerado diferente quando o ator social é citado por um grupo de estudantes ou por um grupo de cientistas com o mesmo número de pessoas, uma vez que suas citações possuem diferentes pesos (DE NOOY *et al*., 2005).

Citações feitas a outras publicações posicionam o documento citado como referência para outras publicações envolvidas na rede. Esta posição pode variar ao longo do tempo, conforme sejam desenvolvidas outras publicações mais relevantes e as mais antigas acabam se tornando obsoletas (FUJIGAKI, 1998). A cultura de citações segundo Wouters (1999), pode ser usada para entender a evolução científica em termos de padrões de referências de um dado assunto que emergem da literatura científica e a reproduzem. Para o presente trabalho, as publicações consideradas são as patentes, e a relação de citação entre elas revela o fluxo de conhecimento passado entre a patente citada e a patente citante, além de possibilitar através destas relações, identificar a relevância das principais patentes em determinado campo de estudo. Portanto, tomou-se como requisito neste trabalho que citações entre patentes são acréscimo de informação e não discordância das informações contidas entre as patentes citante e citada.

Um conceito muito importante em ARS é o caminho principal de uma rede. De Nooy *et al*., (2005) definiram caminho principal como o caminho de um vértice de

origem até um vértice de destino, cujos pesos transversais de suas arestas são os maiores da rede. Definiram também que o peso transversal de um arco é a divisão do número de caminhos que passam pelo arco, pela quantidade total de caminhos da rede. Hummon e Doreian (1989) afirmaram que através da análise do caminho principal é possível encontrar a tendência de desenvolvimento em campos de pesquisa através da identificação da conectividade máxima de uma série de estudos na literatura. Esses autores descrevem que o objetivo do caminho principal é traçar o fluxo de conhecimento mais relevante na rede de citação. Entende-se por rede de citação, uma rede direcionada que indica os fluxos de conhecimento científico. Ela pode ser vista como um conjunto de vértices e arestas, onde os vértices representam artigos e as arestas denotam a relação de citação entre dois artigos (VERSPAGEN, 2007).

Batagelj (2003) propôs uma abordagem para analisar uma rede de citação muito extensa e apresentou um algoritmo, chamado *Search PathCount* (SPC), para determinar o caminho principal. Em 2005, De Nooy *et al*., indicaram além do método citado anteriormente, outros dois métodos para determinar o caminho principal: *Search Path Link Count* (SPLC) e *Search Path Node Pair* (SPNP). O método SPC apropria a cada ligação entre vértices, o número de caminhos existentes entre todos os vértices fonte e os vértices poço, que passam pela ligação estudada. O método SPLC indica que quaisquer vértices podem ser considerados vértices fonte e, portanto, traça os caminhos de todos os vértices para os vértices poço. Já o método SPNP, considera que cada um dos vértices podem ser vértices fonte ou vértices poço, então, como resultado deste método, vértices e arestas que estejam posicionados de maneira central na rede recebem pesos maiores. Batagelj (2003) observou que os métodos SPC, SPLC e SPNP produziam resultados muito próximos, porém para este trabalho o método SPC foi o utilizado para determinação do caminho principal. A Figura 4 exemplifica a execução do método.

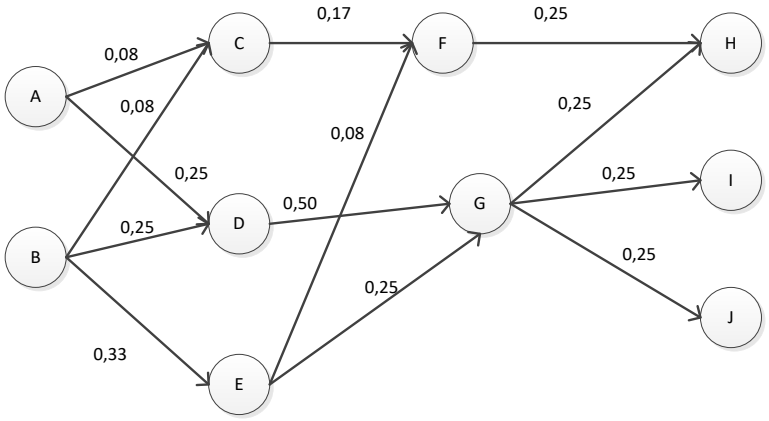


Figura 4 – Rede de citação com os pesos transversais dos vértices - Método de aplicação *Search Path Count* (Adaptado de Xiao *et al.*, 2014)

Na Figura 4, a direção das setas indica o fluxo de informação entre as publicações, por exemplo, na relação entre "A" e "C", têm-se que "A" foi citado por "C". Os valores em cada arco indicam o peso transversal da ligação, que significa o número de caminhos que passam no arco em análise dividido por todos os outros caminhos existentes. Por exemplo, a ligação C-F tem valor 0,17, pois é possível sair de um vértice fonte e chegar a um vértice poço passando por C-F duas vezes, através dos caminhos A-C-F-H e B-C-F-H, e o número total de caminhos existentes entre fontes e poços na rede é 12, são eles: A-C-F-H, A-D-G-H, A-D-G-I, A-D-G-J, B-C-F-H, B-D-G-H, B-D-G-I, B-D-G-J, B-E-F-H, B-E-G-H, B-E-G-I, B-E-G-J. Quanto maiores os valores SPC, mais importantes são as ligações. Desta forma, depois de valoradas todas as ligações da rede de citação, o caminho principal será aquele em que os arcos apresentarem os maiores pesos transversais acumulados, partindo de um vértice de origem até um vértice de destino. A Figura 5 destaca o caminho principal obtido através do método SPC.

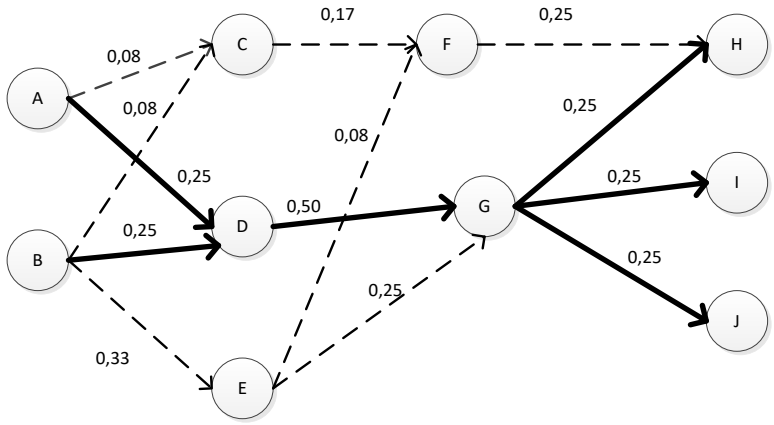


Figura 5 – Caminho principal da rede calculado pelo método *Search Path Count* – SPC (Adaptado de Xiao *et al*., 2014)

Liu e colaboradores (2012) introduziram um novo método para identificação do caminho principal chamado *key-route* para melhorar a análise e tornar esta ferramenta mais eficiente. O método *key-route* compreende quatro passos: a) Primeiro passo - encontrar as ligações com os maiores valores SPCs na rede, considerando a maior conexão como conexão alvo; b) Segundo passo - procurar, a partir do vértice final de uma conexão alvo, encontrar o próximo caminho mais significante e, posteriormente, procurar a partir do nó inicial da mesma conexão, encontrar o caminho mais relevante no sentido oposto, sendo os caminhos mais relevantes, aqueles com o maior fluxo de informação entre seus arcos. c) Terceiro passo - combinar os resultados dos dois primeiros passos buscando um caminho para obter o caminho principal *key-route*. d) Quarto passo - volta-se ao segundo passo a fim de tratar as conexões-alvo restantes, até que todas elas sejam atendidas. O método *key-route* fornece vários caminhos a partir dos quais pode-se descobrir a trajetória da difusão do conhecimento. Além disso, contém quase todas as conexões importantes e torna os resultados mais completos.

2.3. Aplicações de redes sociais

A análise bibliométrica está relacionada à contagem de publicações ou citações encontradas nas bases de dados de publicações científicas e acadêmicas (COATES *et*

al., 2001). Caldas e Tinoco (2004) utilizaram a análise bibliométrica para identificar os autores e instituições de maior participação na produção acadêmica em recursos humanos no Brasil na década de 1990. Além disso, eles analisaram as relações entre os autores dos artigos através das citações e auto-citações existentes entre as instituições de origem destes autores. A análise bibliométrica está baseada na aplicação de métodos quantitativos que possibilitam a análise estatística de um volume de dados de interesse, como publicações científicas, para a gestão da informação e do conhecimento científico de um determinado assunto (ENSSLIN *et al*., 2010). Em relação às informações contidas em documentos de patentes, Angue e colaboradores (2014) identificaram as proximidades tecnológicas básicas ou específicas entre as empresas e, portanto, um potencial parceiro para pesquisa e desenvolvimento futuros. Outro trabalho utilizou a análise de redes de citação para identificar as principais tendências de pesquisa, questões tecnológicas críticas e as soluções propostas para aumentar a efetividade da pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de células de combustível. Nesse estudo, também foi identificado o caminho principal da rede (HO *et al.*, 2014). A identificação do caminho principal permite fazer diferentes associações, como por exemplo, verificar como ocorre a difusão do conhecimento de uma rede de citações de artigos acadêmicos publicados sobre tecnologias de baterias LFP (*lithium iron phosphate first power*) (HUNG *et al*., 2014). Xiao e colaboradores (2014) apresentaram uma abordagem para investigar a estrutura de difusão do conhecimento na área de qualidade de dados, através de análise dos caminhos principais da rede dos artigos relacionados ao campo de interesse. A partir desta análise, foi possível avaliar as principais revistas de publicação dos artigos, bem como os pesquisadores de maior destaque da rede de citação. Há diversos estudos que fazem tanto levantamento bibliométrico, como análise da rede de coautoria no setor de biodiesel, por exemplo, Andrade e colaboradores fizeram em 2016 um trabalho que identificou a rede de colaboração científica das principais oleaginosas envolvidas na produção do biodiesel, identificando os atores que a compunham e o quão forte eram as ligações existentes, porém há poucos trabalhos sobre este tema que abordem as patentes sob o ponto de vista da sua rede de citação. O presente trabalho, por sua vez, utilizou a análise de redes sociais através da rede de citação de patentes, para descobrir as principais áreas de conhecimento, o caminho principal da rede e as patentes mais relevantes, bem como seus países de origem e seus depositantes.

3. Prospecção tecnológica

A prospecção tecnológica é a atividade que visa a antever e identificar a tendência de determinada tecnologia ao longo do tempo. Através da detecção de indicadores futuros, esta técnica pode possibilitar uma tomada de decisão mais correta (FIRAT *et al*., 2008). Esta técnica tem como objetivo incorporar informação ao processo de gestão tecnológica, estabelecendo previsões de estados futuros da tecnologia (AMPARO *et al*., 2012).

Segundo Firat e colaboradores (2008), com o passar do tempo, o acesso a volumes grandes de informações tem se tornado mais fácil, e por este motivo, as técnicas baseadas em análise de dados também vêm sendo aprimoradas. Martino (2003) ressalta que a utilização de computadores para tratar uma quantidade massiva de dados de forma automática é um grande avanço alcançado nos últimos anos. Ainda segundo o autor, a mineração de dados se tornou uma técnica prática para auxiliar a prospecção tecnológica e para identificar sinais de mudança tecnológica precocemente. Entende-se por mineração de dados, uma técnica estatística aplicada baseada em um mecanismo automatizado que é capaz de processar grandes volumes de dados e a partir destes dados, extrair padrões que gerem conhecimento (GANDY, 2007).

A prospecção tecnológica possui três abordagens e são elas: abordagem por inferência, que toma como base que eventos passados tendem a ser reproduzidos no futuro sem grandes diferenças em sua trajetória de evolução; abordagem lógica por geração de trajetórias alternativas, em que o futuro é projetado a partir de cenários que são construídos por meio de mudanças de parâmetros; abordagem lógica por consenso (ou intuição), que é estruturado a partir de visões subjetivas de pensadores do assunto de interesse (KUPFER *et al.*, 2004).

Desta forma, o grande desafio para interpretação de todos os dados é desenvolver métodos e ferramentas que possibilitem esta análise e que como consequência, produzam informação de valor estratégico para as organizações de interesse (FARIA, 2001). No presente trabalho, a técnica de prospecção tecnológica utilizada será a análise de patentes, patentes estas que são disponibilizadas *online* por banco de dados livres, com estrutura em campos padronizados, possibilitando análise e posterior geração de resultados conclusivos (TARAPANOFF, 2006).

Estudos de prospecção tecnológica são amplamente utilizados com o objetivo de sinalizar e interpretar inovações sobre um determinado assunto de interesse, como o de Procassi e colaboradores (2016) que apresentaram a prospecção tecnológica de inovações de ambientes virtuais e tecnologias voltadas para auxílio da educação, e identificaram através do estudo a carência de tentativas de inovações no setor e que as patentes existentes não necessariamente têm como origem as universidades. Nos estudos de prospecção, uma das ferramentas que pode ser utilizada é a análise bibliométrica, que Valentim (2016) aplicou para sua pesquisa no âmbito da saúde, em especial dos conteúdos existentes sobre a malária. Neste estudo, buscou-se aplicar a inteligência competitiva na área da saúde, através da prospecção e busca de patentes, identificando, com isso, inovações com o propósito de beneficiar a sociedade. Da mesma maneira, outro trabalho mostrou a bibliometria e análise de patentes, juntamente com ferramentas de previsão como curvas de crescimento e análise de cenários em estudo de prospecção de tecnologias, indicando os temas: células combustíveis, segurança alimentar e tecnologias de armazenamento óptico como principais áreas tecnológicas emergentes (DAIM *et al*., 2006).

Assim como os trabalhos apresentados anteriormente, esta dissertação teve como base um levantamento bibliométrico das patentes de biodiesel depositadas até 2014, acompanhando sua evolução ao longo do tempo e indicando as principais classificações de patentes e os depositantes com maior número de publicações.

3.1. Patentes

Uma patente é um direito exclusivo concedido a uma invenção, um produto ou um processo, que fornece, em geral, uma nova maneira de fazer alguma coisa, ou nova solução técnica para um dado problema. Um documento de patente possui informações como título da patente, explicação concisa da invenção, o autor, esquemas ou desenhos, resumo da patente, classificação, as patentes citadas, entre outras informações. Para que se obtenha uma patente, todas as informações técnicas sobre a invenção devem ser divulgadas ao público em um pedido de patente (WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION – WIPO, 2015).

WIPO (2015) esclarece que as patentes são direitos territoriais, portanto são aplicáveis somente no país ou região em que a patente tenha sido apresentada e concedida, em conformidade com a legislação desse país ou região. Por este motivo, há alguns casos em que uma patente é publicada em diversos outros órgãos de controle, de acordo com o país em que deseja proteger sua invenção. Em geral, quando isso ocorre, as patentes publicadas são muito parecidas e, quando registradas nas bases de patentes, são classificadas como pertencentes a uma mesma família, sendo a família de patentes um conjunto de documentos de patentes depositado em diferentes países, relacionados à mesma invenção (SOARES et al., 2010). O mesmo acontece nos casos em que uma determinada patente sofre uma pequena alteração e é depositada novamente, a mesma deve ser publicada referenciando o documento de origem.

De acordo com Daim *et al.* (2006), a análise de patentes é uma abordagem valiosa que se utiliza de dados de patentes para obter informações sobre uma determinada tecnologia, e a partir delas prospectar novas tecnologias. O presente trabalho fará o uso desta técnica objetivando analisar o cenário atual das patentes relacionadas ao biodiesel identificando as principais empresas, as instituições de origem de patentes e as principais áreas de publicação.

3.1.1. Classificação de patentes

As patentes podem ser classificadas segundo oito seções descritas pela WIPO (2015), consideradas importantes para diferenciar as áreas tecnológicas às quais pertençam. A Classificação Internacional de Patentes (*International Patent Classification* - IPC) foi estabelecida pelo Acordo de Estrasburgo em 1971 e é continuamente revista pelo Comitê de Peritos responsável (WIPO, 2015).

Segundo o IPC (2012), a classificação de patentes tem como objetivo inicial o estabelecimento de uma ferramenta de busca eficaz para a recuperação de documentos de patentes pelos escritórios de propriedade intelectual e demais usuários. Além disso, como aplicado no presente trabalho, essa classificação pode servir como uma base para investigar o estado da técnica em determinados campos da tecnologia.

As classificações de patentes possuem cinco níveis, que de acordo com o Guia da IPC (2012) são os seguintes: Seção; Classe; Subclasse; Grupo; e Subgrupo. A título de exemplo, a patente EP1331260-A, possui a seguinte classificação internacional:

C10L-001/02, onde C é a seção, 10 é a classe, L é a subclasse, 001 é o grupo e 02 o subgrupo. Esta classificação indica uma patente referente a um campo tecnológico muito específico que são os combustíveis líquidos constituídos essencialmente de carbono, hidrogênio e oxigênio.

A seção é o nível mais alto da hierarquia da Classificação Internacional de Patentes, sendo o símbolo da seção uma letra maiúscula, de A a H e o título da seção deve ser considerado como uma indicação bem ampla do conteúdo da mesma (GUIA DA IPC, 2012). As oito seções estão listadas na Tabela 4:

Tabela 4 – Classificação internacional de patentes

Seção A	Necessidades humanas
Seção B	Execução de operações; transportes
Seção C	Química; metalurgia
Seção D	Têxteis; papel
Seção E	Construções fixas
Seção F	Engenharia mecânica; iluminação; aquecimento; armas; explosão
Seção G	Física
Seção H	Eletricidade

Após o depósito e concessão de uma dada patente, sua proteção é garantida por um período limitado que geralmente compreende 20 anos após a data de aplicação (WIPO, 2015).

4. Metodologia

Segundo Mascarenhas e Barbosa (2013), quando o planejamento e execução de uma pesquisa são claros, podem revelar procedimentos metodológicos bem definidos e aplicáveis a outros temas. Por este motivo, este capítulo apresenta detalhes da metodologia adotada no presente trabalho, de forma a possibilitar ao leitor sua reprodução em diferentes pesquisas e a validação do método.

Este trabalho tem a metodologia pautada em uma análise bibliométrica das patentes relacionadas ao biodiesel publicadas até o ano de 2014, na base de pesquisa Derwent *Innovations Index* da ISI *Web of Knowledge*, banco de dados de patentes que possibilita o acesso online aos usuários. A partir da obtenção e tratamento dos dados, utilizou-se a técnica de redes sociais para montar as relações entre essas patentes no software Pajek, indicando o cenário atual neste ramo tecnológico.

O levantamento foi feito em julho de 2015 e considera a publicação de 4899 famílias de patentes até 2014.

4.1. Bibliometria

Norton (2000) define a bibliometria como uma maneira de medir textos e informações. Esta técnica auxilia na organização e exploração de uma quantidade massiva de dados históricos, possibilitando aos pesquisadores a identificação de padrões antes tidos como “ocultos” e que influenciam a tomada de decisões (Morris *et al*., 2002). De acordo com Xie *et al*.(2008), a análise bibliométrica é uma ferramenta comum, utilizada como método de pesquisa por diversas disciplinas da ciência e da engenharia. Considerando o grande volume de publicações de patentes existente, este tipo de análise pode ser considerado adequado para auxiliar na interpretação das mesmas.

Para Naseer e Mahmood (2009) a bibliometria possui dois tipos de estudos: descritivos e avaliativos. Os descritivos estão relacionados à produtividade, calculada pela contagem de periódicos, patentes, livros e outros tipos de comunicação, já os estudos avaliativos referem-se à contagem de citações e referências dos trabalhos de pesquisa.

Existem três leis relacionadas à bibliometria, são elas: a lei de produtividade de autores de Lotka, a lei de dispersão de periódicos de Bradford e a lei de frequência de palavras de Zipf, além da teoria epidêmica e da análise de citações. A lei de Lotka, foi estabelecida em 1926, é calculada com base na produtividade de autores de patentes, artigos científicos, entre outros. Lotka concluiu que um grupo pequeno de pesquisadores são muito produtivos e que há um grupo muito grande de cientistas pouco produtivos, comparando-se o volume produtivo dos dois grupos somados, estes são equivalentes. A segunda lei da bibliometria, de Bradford (1934), tem como objetivo identificar quais são os principais periódicos em um determinado tema de interesse. Esses periódicos são destacados de acordo com a produtividade de artigos sobre um tema, determinando com isso, o núcleo dos periódicos que melhor se concentram estas produções. A terceira lei da bibliometria, lei de Zipf de 1935, tem relação com a verificação da frequência com que as palavras ocorrem em um texto longo, indicando que um pequeno grupo de palavras possui uma alta incidência, enquanto um grande grupo de palavras ocorria poucas vezes ao longo do texto (ALVARADO, 2002).

Uma outra teoria bibliométrica é a epidêmica da transmissão de ideias, que foi desenvolvida em 1967, e tem como enfoque descrever que a propagação de informações e ideias dentro de uma comunidade tende a se espalhar de forma parecida com a transmissão de doenças (ARAÚJO, 2006). Além das leis e da teoria apresentada anteriormente, há uma área na bibliometria de fundamental importância que tem como base a análise de citações, evidenciando elos entre as publicações citante e citada, a maneira como ocorre o fluxo de conhecimento entre as publicações, a contribuição para o desenvolvimento científico e o destaque às publicações mais importantes no setor. Através da análise das citações entre publicações é possível identificar padrões na produção do conhecimento científico, autores com maior número de citações ou publicações, origem da pesquisa, bem como destacar os periódicos mais citados (FORESTI, 1989).

Neste trabalho, através do tratamento bibliométrico dos dados coletados e análise das redes geradas, foram extraídas informações importantes, como: a) empresas e países que mais possuem patentes publicadas; b) os documentos de patentes mais relevantes; e c) a evolução do campo tecnológico de interesse ao longo dos anos.

4.2. Levantamento de Dados

As informações das patentes relacionadas ao biodiesel foram obtidas através de buscas na base de dados Derwent *Innovations Index*, da plataforma ISI *Web of Knowledge*, com a pesquisa pelo termo "biodiesel". De acordo com Martino (2003), este procedimento de busca pode, além de retornar documentos relevantes, indicar autores e instituições que fazem contribuições significativas para o campo de interesse.

A pesquisa foi realizada em 5 de julho de 2015 e considerou todas as patentes publicadas desde 1993 até o ano de 2014. Esta busca retornou 4901 registros de famílias de patentes, tendo associados a cada registro os seguintes elementos: título, resumo, patentes citadas pela família, autores, as empresas depositantes, a data de publicação, informação da área de conhecimento, entre outros itens de identificação.

Com o intuito de tratar os dados obtidos na pesquisa, foi necessário fazer o *download* de todos os registros e campos associados a eles no formato HTML. No total, foram gerados 10 arquivos em HTML, pois a base de dados utilizada permitia fazer o *download* de apenas 500 registros de famílias de patentes por vez. De posse de todos os 10 arquivos em HTML, os mesmos foram consolidados em um arquivo no programa Excel.

4.3. Processamento dos dados e montagem da rede de citação

A fim de facilitar a interpretação dos dados, fez-se necessário um tratamento da lista de empresas no *software* de mineração de dados OpenRefine, uniformizando os nomes das empresas depositantes das patentes, de forma a evitar duplicações. Em alguns casos, os nomes de uma mesma empresa podem estar escritos com pequenas diferenças entre eles, assim como o seguinte exemplo: "PETROBRAS PETROLEO BRASIL SA" e "PETROLEO BRASIL SA". No banco de dados obtido da base Derwent, estes dois nomes constam como dois depositantes distintos, quando na verdade trata-se de uma mesma empresa com nomenclaturas sutilmente diferentes que, por este motivo, podem colaborar para a distorção dos dados em uma posterior análise.

O OpenRefine[1] é uma ferramenta gratuita que serve para organizar e transformar grandes volumes de dados. Oferece opções de edição conjunta de dados como a

[1]http://openrefine.org/

ferramenta "*facet*" e os filtros, que tornam o tratamento destes dados uma atividade mais fácil e rápida. Uma importante opção do OpenRefine é a função *clustering*, que utiliza diversos algoritmos para agrupar textos com poucas diferenças que são equivalentes entre si (WONG *et al*., 2015). Além disso, a ferramenta possibilita fazer o reconhecimento fonético de campos de textos que tenham som parecido, o que torna os dados ainda mais uniformes.

Após a utilização da ferramenta de mineração de dados, o número total de empresas depositantes de patentes passou de 2689 (número sem nenhum tratamento dos dados) para 2373 empresas, o que prova que a ferramenta foi capaz de homogeneizar os dados obtidos no primeiro momento.

Depois de consolidar os nomes das empresas depositantes, fez-se um novo tratamento com o objetivo de gerar a identificação de cada uma das famílias de patentes. Cada família de patente registrada poderia ter apenas um PN – "*Patent Number*" no arquivo gerado, ou, em alguns casos, mais de um número de patente associado a ela. Considerando uma família que tivesse somente um PN registrado, este seria seu código identificador, caso contrário, levando em consideração uma família que possuísse mais de um PN, o código de origem ou primeiro código, conhecido como código topo,seria utilizado como o identificador de toda a família. Os casos em que uma família de patentes possui mais de um código atrelado a ela são os exemplos em que uma patente sofre alguma alteração baseada em uma patente já existente ou, então, quando uma mesma patente é depositada em locais de destino diferentes, gerando assim diferentes registros de uma mesma família. A Figura 6 ilustra uma família de patentes com três códigos de patentes registrados. Neste exemplo, a patente considerada como referência para a família é a primeira patente registrada, sendo o PN igual a WO2015031379-A1.



Figura 6 – Exemplo de família de patentes

Dos 4901 depósitos de patentes obtidos, dois registros de famílias de patentes estavam duplicados no banco de dados e foram excluídos da análise, sendo considerado, portanto, o universo de 4899 depósitos de famílias de patentes relacionadas ao biodiesel.

A fim de obter a relação entre as patentes citantes e citadas, foi necessário realizar mais um tratamento nos dados. Para os casos em que uma patente possuísse apenas um registro, este foi considerado como o topo da família, já para patentes que sofreram derivações e possuíam mais de um registro em uma mesma família, o primeiro deles foi considerado como o topo. A relação entre a patente citante e a patente citada pode existir com qualquer registro de uma determinada família, independente de se tratar de uma patente de topo da família. Como para este trabalho foi importante analisar a relação entre as famílias de patentes, os nomes de todas as patentes de uma dada família foram alterados para o primeiro código registrado da mesma. A tabela a seguir exemplifica o que foi descrito anteriormente, onde a coluna N indica a família de patente. Nota-se que a família de patente 22 se repete na Figura 7, e isto indica que a família possui dois registros de patentes e que seu topo foi o seu primeiro registro, no exemplo, WO2015049573-A1.

N	PN	TOPO
1	EP2862915-A1	EP2862915-A1
2	CN104403807-A	CN104403807-A
3	CN104396970-A	CN104396970-A
4	CN104402715-A	CN104402715-A
5	CN104403806-A	CN104403806-A
6	US2015111265-A1	US2015111265-A1
6	WO2015058212-A1	US2015111265-A1
7	JP2015077092-A	JP2015077092-A
8	CN104371773-A	CN104371773-A
9	IN201204971-I4	IN201204971-I4
10	CN104357213-A	CN104357213-A
11	CN104357219-A	CN104357219-A
12	CN104353257-A	CN104353257-A
13	CN104353445-A	CN104353445-A
14	KR1502355-B1	KR1502355-B1
15	ES2527885-A2	ES2527885-A2
16	IN201406635-I4	IN201406635-I4
17	WO2015056267-A1	WO2015056267-A1
18	WO2015056767-A1	WO2015056767-A1
19	VN40413-A	VN40413-A
20	RU2013110465-A	RU2013110465-A
21	WO2015054406-A1	WO2015054406-A1
22	WO2015049573-A1	WO2015049573-A1
22	EP2857483-A1	WO2015049573-A1

Figura 7 – Identificação de topo de família de patente

A rede formada pelas famílias de patentes citadas e que citam, tem seus arcos orientados no sentido citada-citante, de forma a representarem o fluxo da informação entre estas famílias e mostrar a contribuição da patente anterior à nova patente depositada. Em geral, para análises de certos resultados provenientes do uso de técnicas de redes sociais, é necessário considerar redes sem ciclos. Por exemplo, se uma patente de uma família cita outra desta mesma família, e foi utilizado como critério para a análise da rede a nomeação do primeiro registro de patente como topo, na prática o resultado seria uma patente que cita exatamente a mesma patente, constatando uma auto-citação ou um ciclo. Por este motivo foi preciso eliminar as ligações entre vértices da mesma família de patentes, pois com a identificação de uma família através da patente mais antiga, havia casos de *loops*, onde a patente citada era equivalente à

citante. A Figura 8 exemplifica o conceito de *loop* supracitado, em que a patente 2 é citada pela patente 3, porém tanto a patente 2 como a patente 3 fazem parte da mesma família, que tem como código identificador a patente 1, logo a relação mostrada poderia ser traduzida da seguinte forma: um arco saindo da patente 1 e indo para a mesma patente, representando um ciclo que precisa ser retirado. Estes casos foram desconsiderados da base de dados.

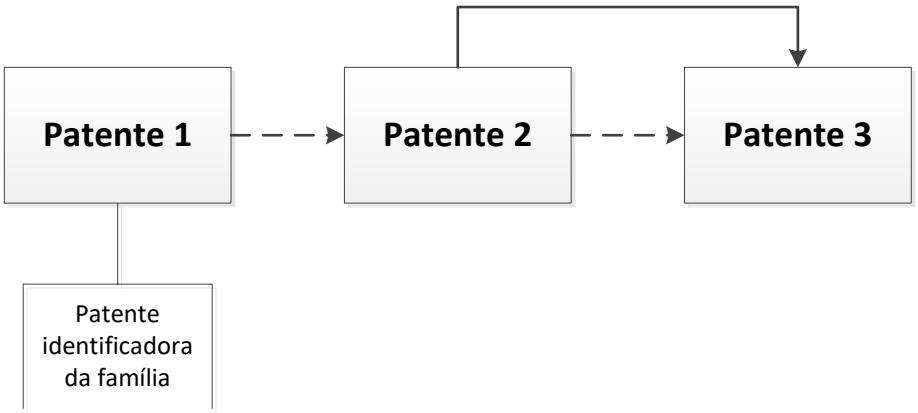


Figura 8 – Exemplo de *loop* na rede

Devido a esta atribuição, havia casos em que pequenos ciclos também eram formados, como ilustra a Figura 9. Por exemplo, a patente C, pertencente à família Apode citar a patente D da família D, da mesma forma que a patente F, da família D pode citar a patente A da família A. Desta forma, como as famílias de patentes foram identificadas com o primeiro registro de patentes de cada família, neste exemplo, um ciclo surge, quando para esta representação há um arco de ligação da patente A para a patente D e da patente D para a patente A.

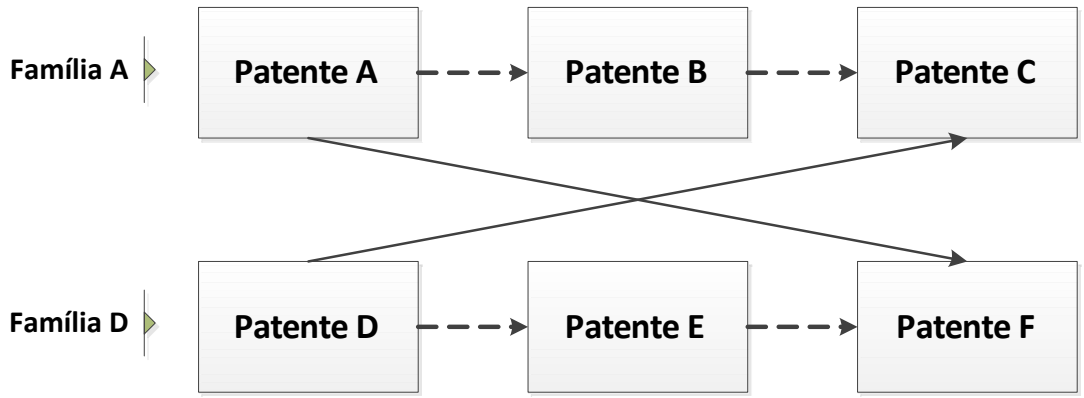


Figura 9 – Exemplo de pequeno ciclo na rede

Para este tipo de caso, foram analisados os arcos entre as famílias de patentes existentes nos dois sentidos do fluxo de informação, ou seja, da citante para a citada e da citada para a citante, e para os casos em que os arcos fossem idênticos, foram excluídos aqueles em que uma família mais antiga citava uma mais nova, o que é cronologicamente impossível. Foram mantidas apenas as citações feitas de uma patente mais recente para uma mais antiga, assim sendo montada a rede de citações do trabalho.

5. Resultados

5.1. A evolução do depósito de famílias de patentes

Segundo Bengisu e Nekhili (2006), o uso de curvas de evolução de famílias de patentes ao longo do tempo pode ser útil, uma vez que o número total de patentes de dada tecnologia tem um ponto de saturação e acompanhá-la ao longo de uma curva tende a facilitar a visualização deste ponto. Como resultado do estudo bibliométrico realizado, a evolução destes depósitos é mostrada no gráfico da Figura 10.

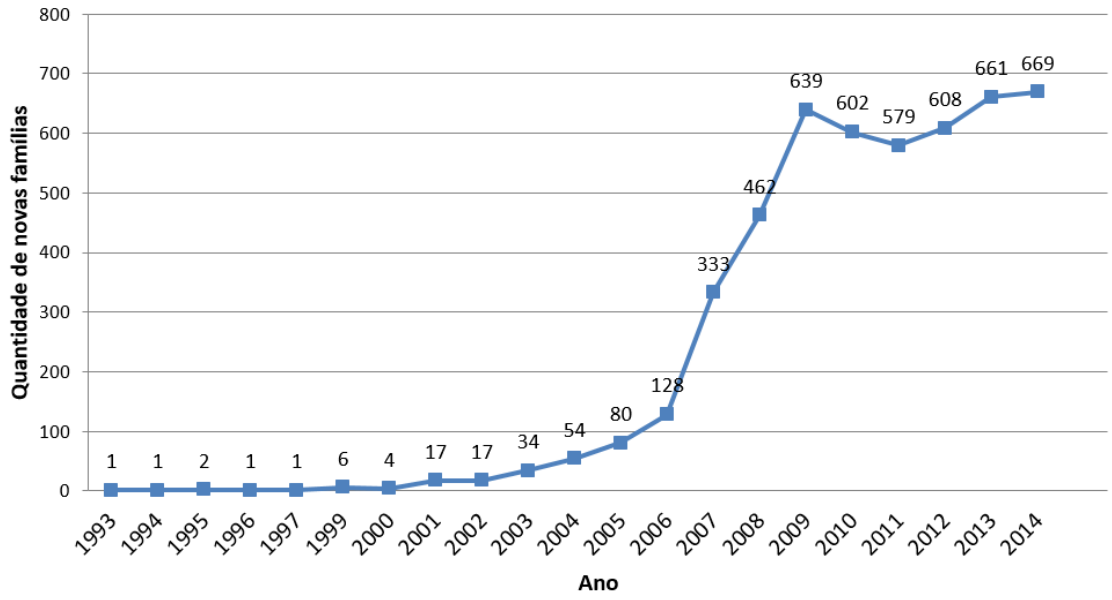


Figura 10 – A evolução dos depósitos de famílias de patentes de biodiesel por ano

O gráfico da Figura 10 ilustra a evolução dos depósitos das famílias de patentes desde 1993, ano do primeiro registro de patente da área, até 2014. Através de sua análise, pode-se perceber nos primeiros sete anos de registro dos depósitos de famílias de patentes, que o número de depósitos de patentes cresceu de maneira sutil, até que em 2001 o interesse por este campo tecnológico aumenta em escala um pouco maior, atingindo o valor de 639 novas famílias de patentes no ano de 2009. Nos dois anos seguintes este número sofre uma queda modesta e volta a crescer em 2012, atingindo o seu ápice em 2014, com 669 novas famílias de patentes no ano.

Quando a análise dos números é feita por décadas e não a cada ano, nota-se o crescimento do interesse na área de conhecimento ao longo do tempo, conforme o gráfico da Figura 11 explicita.

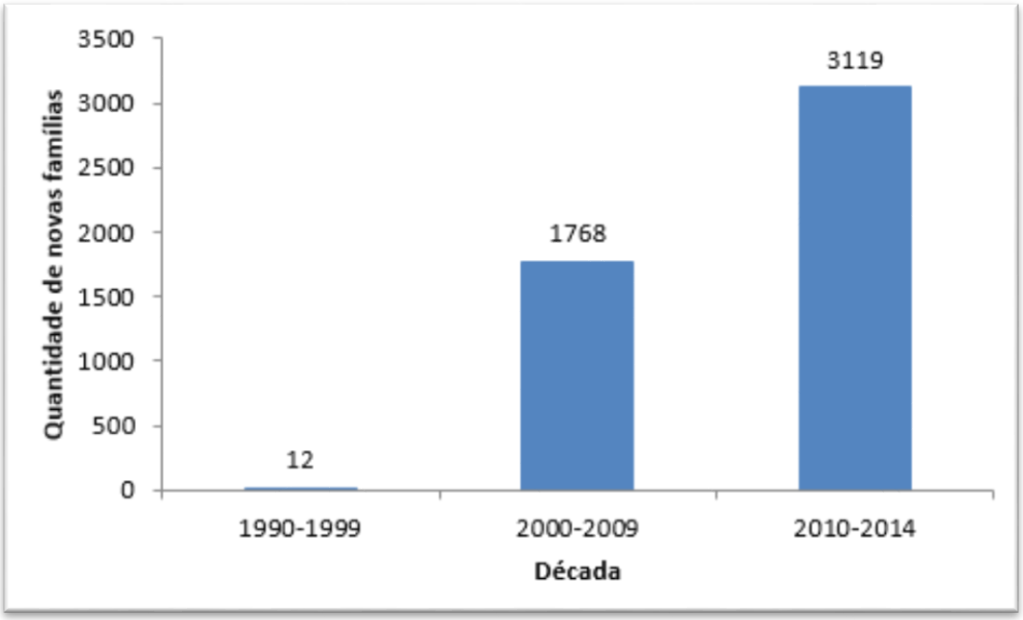


Figura 11 – A evolução dos depósitos de famílias de patentes de biodiesel por década

A Figura 11 mostra um crescimento considerável da quantidade de novas famílias de patentes ao longo das décadas, indicando que o interesse e a relevância de pesquisas inovadoras voltadas para o desenvolvimento de novas tecnologias relacionadas ao biodiesel vêm aumentando ao longo do tempo. É importante ressaltar que o período da última década de análise (de 2010 a 2014), compreende apenas cinco anos de depósitos e, ainda assim, já superou o número de depósitos dos dez anos anteriores em quase o dobro de famílias de patentes em biodiesel.

5.2. Principais áreas de depósito

Conforme apresentado anteriormente, existe um sistema de classificação de patentes de acordo com sua área, criado para gerenciar e agrupar as inovações de forma a facilitar as análises (DE OLIVEIRA *et al.*, 2005; MOURA *et al.*, 2006; DOU, 2006). Uma vez analisados os dados da presente pesquisa, pode-se concluir que as principais áreas de depósito de patentes relacionadas ao biodiesel, segundo a Classificação Internacional de Patentes (IPC), são as seções C, B e A, cujas equivalências são Química/Metalurgia, operações de processamento/transporte e necessidades humanas, respectivamente. A Figura 12 apresenta um gráfico que mostra essa distribuição dos depósitos de patentes de acordo com sua classificação IPC.

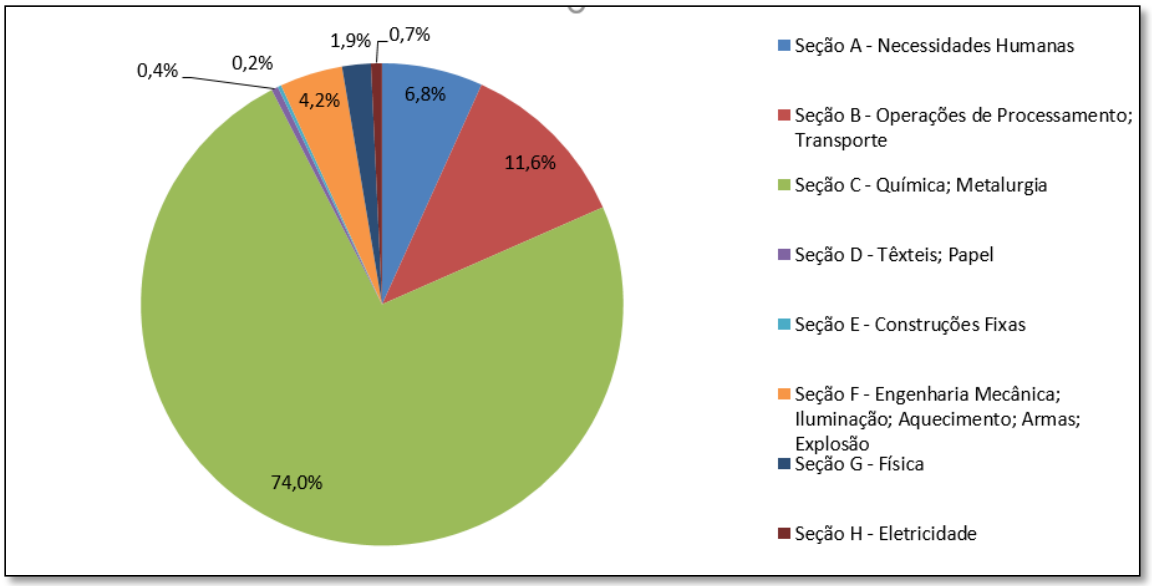


Figura 12 – Distribuição dos depósitos de patentes relacionadas ao biodiesel segundo a classificação internacional de patentes

Através da análise do gráfico da Figura 12 pode-se perceber que os depósitos de patentes de biodiesel relacionadas à química e metalurgia são os preponderantes nesta área, correspondendo a 74% do total de depósitos. Em seguida, com percentuais bem menos expressivos (12% e 7%) estão os depósitos relacionados às classificações de Operações de Processamento e Transporte, e Necessidades Humanas, respectivamente.

Mais importante do que identificar quais são as áreas tecnológicas que mais possuem depósitos em termos gerais, é identificar como vem acontecendo a evolução

dos depósitos em cada uma das oito áreas ao longo do tempo. A Figura 13 apresenta graficamente a junção destas informações.

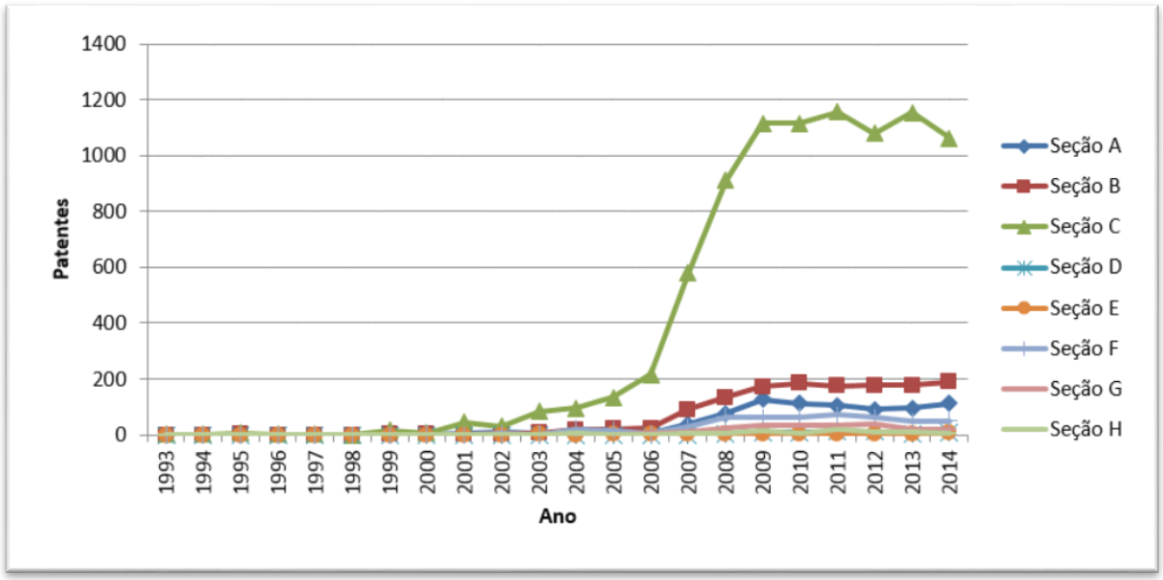


Figura13 – Distribuição dos depósitos de patentes segundo a classificação internacional de patentes de biodiesel entre os anos de 1993 e 2014

A análise do gráfico da Figura 13 possibilita visualizar que ao longo dos anos, o volume de depósitos da Seção C (área química e metalúrgica) foi muito mais representativo que os depósitos das outras áreas. Também obtiveram destaque os depósitos referentes às Seções B e A (áreas operações de processamento/transporte e necessidades humanas, respectivamente), que se mantiveram à frente das demais classificações de área. A partir destes dados, pode-se concluir que há uma forte tendência para que as áreas mais estratégicas para investimento de novas tecnologias sejam as áreas correspondentes às seções C, B e A, que ao longo dos anos aparecem com maior destaque.

5.3. Principais empresas e países

A Figura 14 ilustra a lista das 20 instituições que têm mais patentes publicadas na área de biodiesel.

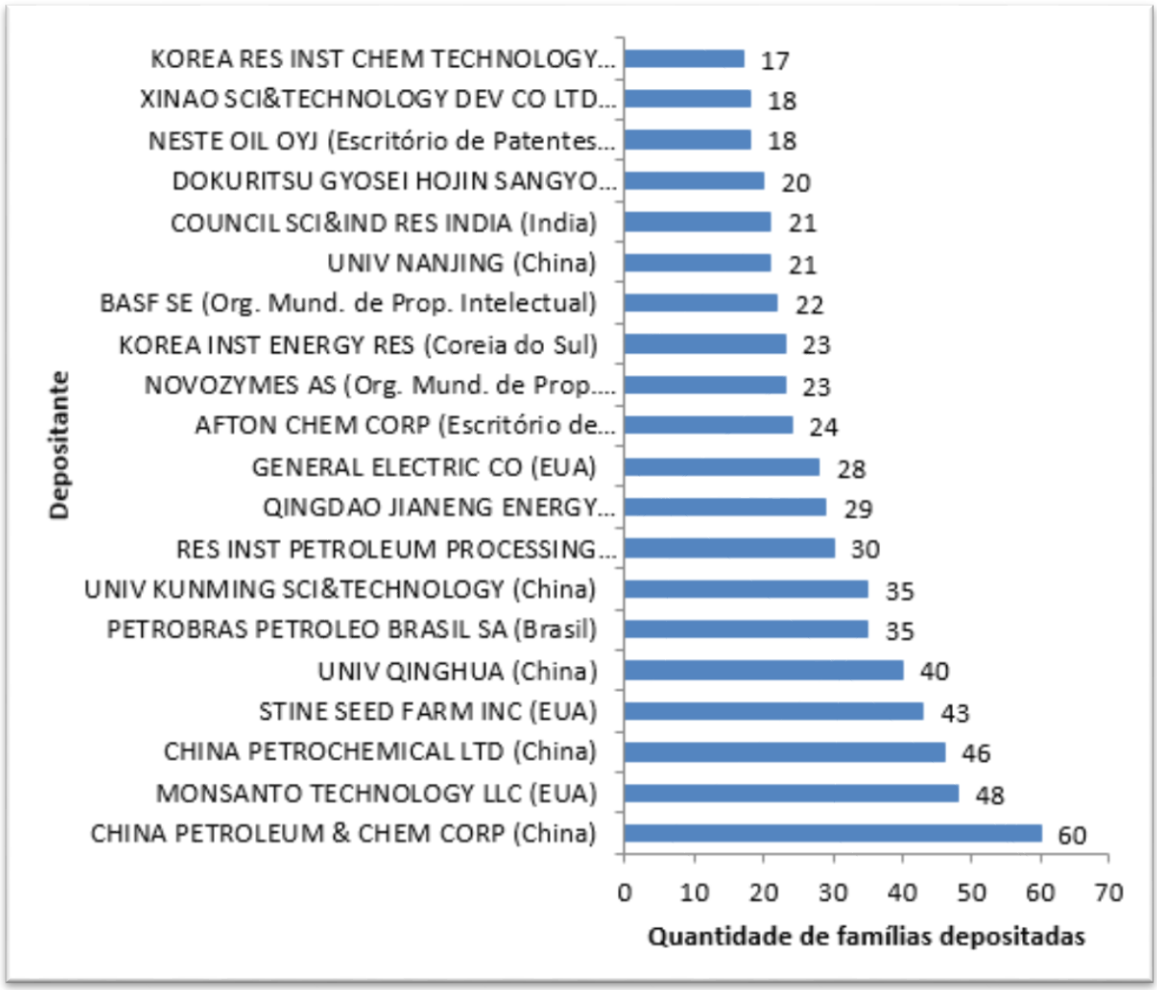


Figura 14 – Lista das 20 empresas com mais famílias de patentes de biodiesel publicadas de 1993 a 2014

Dentre as instituições listadas na Figura 14, oito delas são chinesas, o que mostra a hegemonia deste país quando se trata de quantidade de patentes publicadas relacionadas ao biodiesel. Pode-se perceber também que há um maior interesse de empresas privadas no desenvolvimento tecnológico do setor do que instituições governamentais ou universidades.

A Tabela 5 mostrada a seguir, apresenta as sete origens que possuem maior número de famílias de patentes em biodiesel publicadas na base de dados Derwent entre

1993 até 2014 e estes números mostram uma maior participação da China quando comparada aos demais países/instituições depositantes.

Tabela 5 – Principais instituições/países depositantes de famílias de patentes em biodiesel

Origem da família de patentes	**Número de famílias de patentes**
China	1489
Organização Mundial de Propriedade Intelectual (WIPO)	1098
Estados Unidos	983
Coreia do Sul	252
Japão	200
Brasil	186
Escritório Europeu de Patente	148

5.4. Rede de citação

A rede de citação das famílias de patentes de biodiesel está exposta a seguir na Figura 15, e possui 1854 vértices, 3335 arcos, densidade média igual a 0,0009 e grau médio dos vértices de 3,59. Sua componente gigante possui 1570 vértices, o equivalente a 84,68% de todos os vértices.

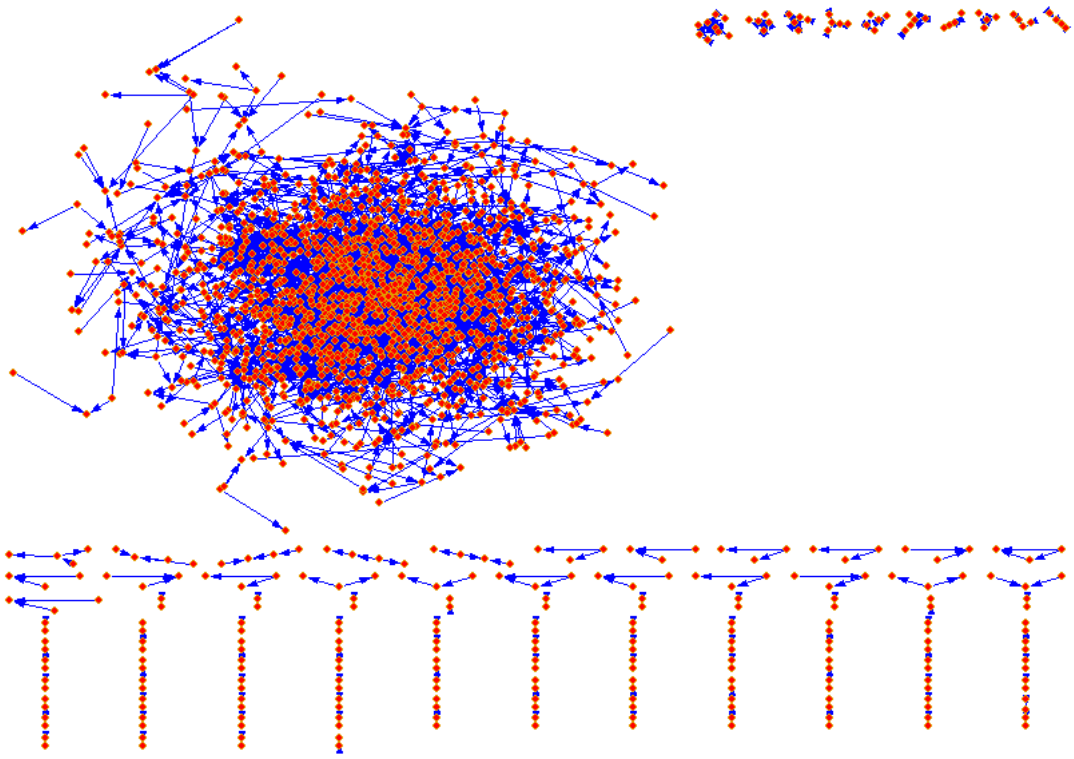


Figura 15 – Rede de citação

As 10 famílias de patentes de biodiesel mais citadas estão descritas na Tabela 6 a seguir. Assim, oito das dez patentes mais citadas foram publicadas entre 2000 e 2008, o que mostra que neste período documentos relevantes foram criados sobre o assunto. O grau médio de *output* da rede é 1,8.

Tabela 6 – 10 patentes com maior grau de *output*

Família de patente	**Grau de *output***	**Data de publicação**
WO200112581-A	46	22/02/2001
US6174501-B1	41	16/01/2001
WO9926913-A	41	03/06/1999
US5578090-A	39	26/09/1996
US6015440-A	37	18/01/2000
WO2008151149-A2	35	11/12/2008
US2008160593-A1	31	03/07/2008
US2005274065-A1	29	15/12/2005
DE10243700-A1	27	01/04/2014
EP1352893-A	25	15/10/2003

A patente mais citada é uma patente da Organização Mundial de Propriedade Intelectual, que apresenta um método para rápida produção de biodiesel através de um cosolvente, é classificada como C07C-067/08, que indica o setor de química e metalurgia.

Considerando as famílias que mais citam patentes relacionadas ao biodiesel, tem-se a lista da Tabela 7, que aponta que as famílias de patentes que mais citaram são indicadas entre os anos 2008 e 2014, o que condiz com o período em que o número de patentes sobre biodiesel aumenta, bem como com o avanço tecnológico e interesse de pesquisa nesta área.

Tabela 7 – 10 patentes com maior grau de *input*

Família de patente	**Grau de *input***	**Data de publicação**
WO2011046872-A2	52	21/04/2011
US2011184201-A1	46	28/07/2011
US2008197052-A1	44	21/08/2008
WO2010144597-A1	44	16/12/2010
US2009112008-A1	40	30/04/2009
WO2008019325-A2	39	14/02/2008
WO2010077685-A1	34	08/07/2010
US2011195484-A1	28	11/08/2011
US2012232146-A1	26	13/09/2012
US8840853-B1	26	23/09/2014

Na Tabela 8, são apresentadas as 10 famílias com maior domínio das patentes citadas. O domínio de output médio da rede de citação é 7,79.

Tabela 8 – Top 10 famílias de patentes com maior domínio de *output* da rede de citação

Família de patente	**Domínio de *output***	**Data de publicação**
US5578090-A	539	26/11/1996
CA2144842-A	520	27/10/1995
US6015440-A	512	18/01/2000
US6174501-B1	331	16/01/2001
WO200238529-A	307	16/05/2002
WO200112581-A	304	22/02/2001
WO9926913-A	299	03/06/1999
EP773278-A	290	14/05/1997
EP936265-A	289	18/08/1999
US2003032826-A1	217	13/02/2003

Na Tabela 9 a seguir são listadas as 10 famílias de patentes com maior proximidade de prestígio da rede de citação.

Tabela 9 – Top 10 famílias de patentes com maior proximidade de prestígio da rede de citação

Família de patente	**Proximidade de prestígio**	**Data de publicação**
US6015440-A	0,099908	18/01/2000
US5578090-A	0,096128	26/11/1996
CA2144842-A	0,084989	27/10/1995
US6174501-B1	0,06956	16/01/2001
WO9926913-A	0,064243	03/06/1999
WO200112581-A	0,057925	22/02/2001
EP936265-A	0,048834	18/08/1999
WO200238529-A	0,048487	16/05/2002
US2003032826-A1	0,042495	13/02/2003
EP1331260-A	0,040943	30/07/2003

Considerando os *outputs* dos vértices, a Tabela 10 lista as dez famílias de patentes com maior centralidade de proximidade.

Tabela 10 – Top 10 de famílias de patentes de centralidade de proximidade da rede de citação

Família de patente	Centralidade de proximidade	Data de publicação
US6015440-A	0,100049	18/01/2000
US5578090-A	0,096254	26/11/1996
CA2144842-A	0,085106	27/10/1995
US6174501-B1	0,069733	16/01/2001
WO9926913-A	0,064423	03/06/1999
WO200112581-A	0,058085	22/02/2001
EP936265-A	0,048976	18/08/1999
WO200238529-A	0,048619	16/05/2002
US2003032826-A1	0,042668	13/02/2003
EP1331260-A	0,041113	30/07/2003

Nos cinco grupos de principais patentes de biodiesel mostrados anteriormente há ao todo 26 patentes diferentes, e os Estados Unidos são o país de origem com maior número de depósitos, totalizando 46%, seguido pela Organização Mundial de Propriedade Intelectual com 31%, e o Escritório Europeu de patentes é o terceiro desta lista responsável por 15% das patentes depositadas.

O cálculo do caminho principal, conforme falado anteriormente, é feito com base nos pesos transversais dos arcos da rede, e através do uso da ferramenta Pajek, é possível obter um vetor com os pesos transversais dos vértices. A Tabela 11 lista as dez principais famílias de patentes, com base no peso transversal calculado pelo Pajek.

Tabela 11 – Top 10 famílias de patentes com maiores pesos transversais da rede de citação

Família de patente	Peso transversal	Data de publicação
WO2008019325-A2	0,298271	14/02/2008
US6015440-A	0,291381	18/01/2000
US5578090-A	0,252859	26/12/1996
CA2144842-A	0,250516	27/10/1995
WO2005035693-A2	0,236485	21/04/2005
US2008197052-A1	0,230628	21/08/2008
WO2008151149-A2	0,224993	11/12/2008
WO2009029344-A1	0,183515	05/03/2009
US2008160593-A1	0,177294	03/07/2008
EP1331260-A	0,173166	30/07/2003

5.5. Caminho Principal

O caminho principal da rede de famílias de patentes relacionadas ao biodiesel foi calculado pelo método SPC no Pajek e possui 15 vértices, conforme mostra a Figura16 a seguir.

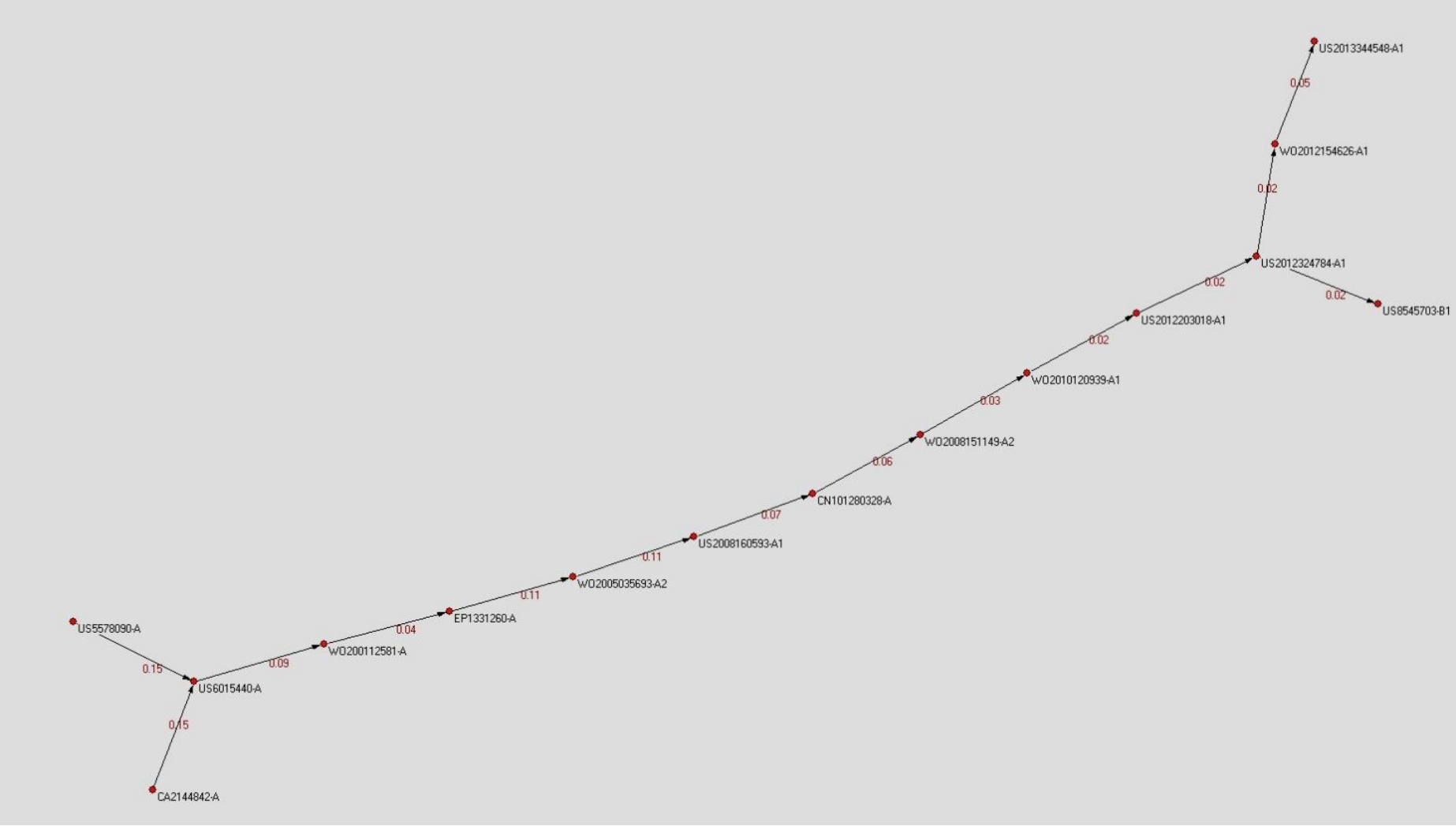


Figura 16 – Caminho principal da rede de citação pelo método *Search Path Count*

As instituições depositantes de patentes que se encontram no caminho principal estão descritas na Tabela 12.

Tabela 12 – Instituições depositantes das patentes do caminho principal pelo método *Search Path Count*

Patente	Empresa Depositante	Local de Proteção
CA2144842-A	UNIV IOWA STATE RES FOUND INC	Canadá
CN101280328-A	UNIV QINGHUA	China
EP1331260-A	IND MANAGEMENT AS	Escritório Europeu
US2008160593-A1	GENIFUEL CORP	EUA
US2012203018-A1	SOLAZYME INC	EUA
US2012324784-A1	SOLAZYME INC	EUA
US2013344548-A1	MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY	EUA
US5578090-A	BRI	EUA
US6015440-A	UNIV NEBRASKA	EUA
US8545703-B1	MENLO ENERGY MANAGEMENT LLC	EUA
WO200112581-A	BIOX CORP, HECKBERT 27 GROUP FINANCING LLC	WIPO
WO2005035693-A2	UNIV MISSISSIPI STATE	WIPO
WO2008151149-A2	SOLAZYME INC	WIPO
WO2010120939-A1	SOLAZYME INC	WIPO
WO2012154626-A1	SOLAZYME INC	WIPO

Dentre as instituições que depositaram as patentes do caminho principal, apenas a Universidade Qinghua, uma das melhores e mais seletivas da China aparece tanto como uma das instituições que mais deposita patentes relacionadas ao biodiesel, são quarenta ao todo, quanto tem destaque sendo responsável por uma das patentes pertencentes ao caminho principal da rede.

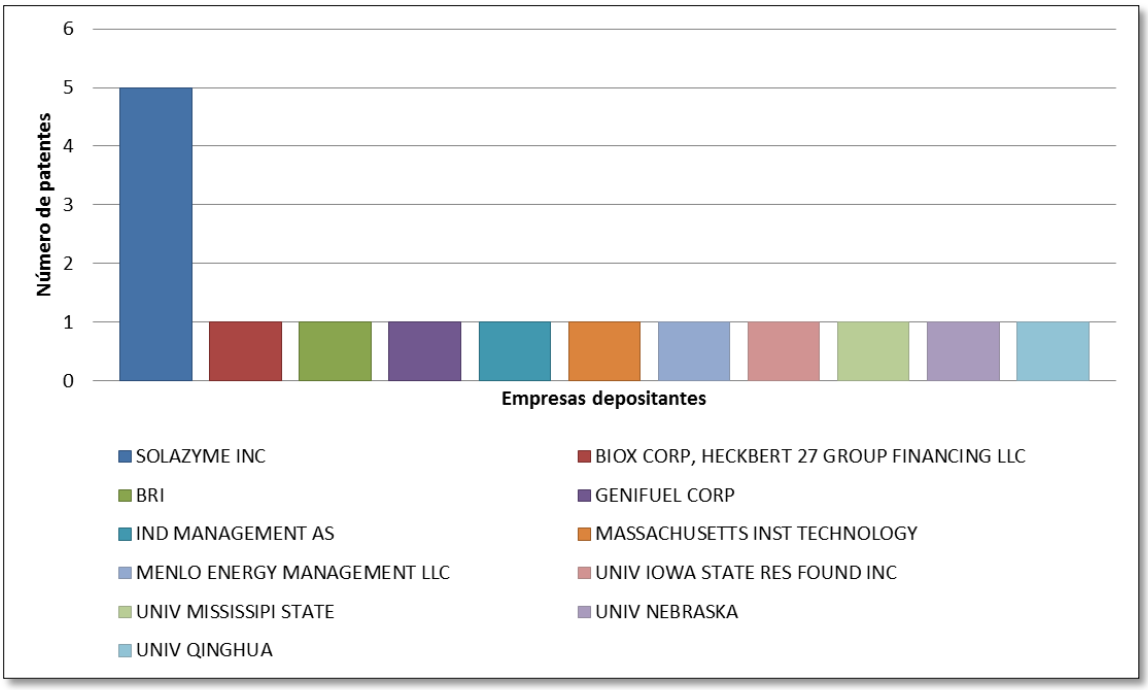


Figura 17 – Empresas depositantes das patentes do caminho principal pelo método *Search Path Count*

Conforme mostra a Figura 17, dentre as instituições depositantes de patentes do caminho principal, a empresa Solazyme é a responsável pelo maior volume. Esta é uma empresa com Sede em São Francisco, de óleos renováveis e bio-produtos que transforma uma gama de açúcares em óleos de alto valor. Seus produtos renováveis podem substituir óleos derivados de três fontes existentes no mundo: petróleo, plantas e gorduras animais.

A Figura 18 ilustra os principais locais de proteção das patentes do caminho principal, e os Estados Unidos prevalece como o local com o maior número de depósitos destas patentes.

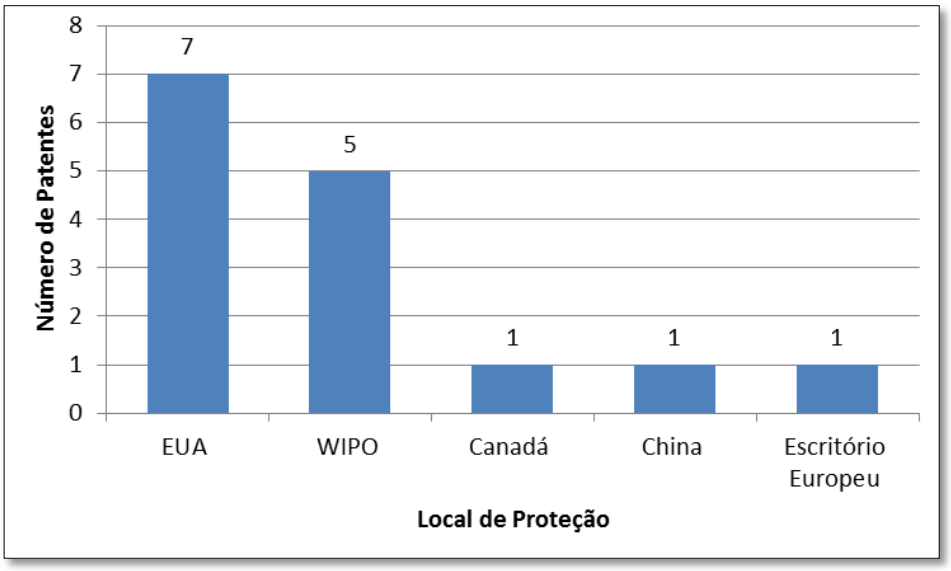


Figura 18 – Locais de proteção das patentes do caminho principal pelo método *Search Path Count*

5.6. Caminho Principal *Global Search Key-Route*

O caminho principal por *Global Search Key-Route* da rede possui 31 patentes (Figura 19), dentre elas, 6 patentes pertencem ao caminho principal calculado pelo método SPC. Com isso, 40% das patentes pertencentes ao caminho principal também pertencem ao caminho principal por *Global Search Key-Route*.

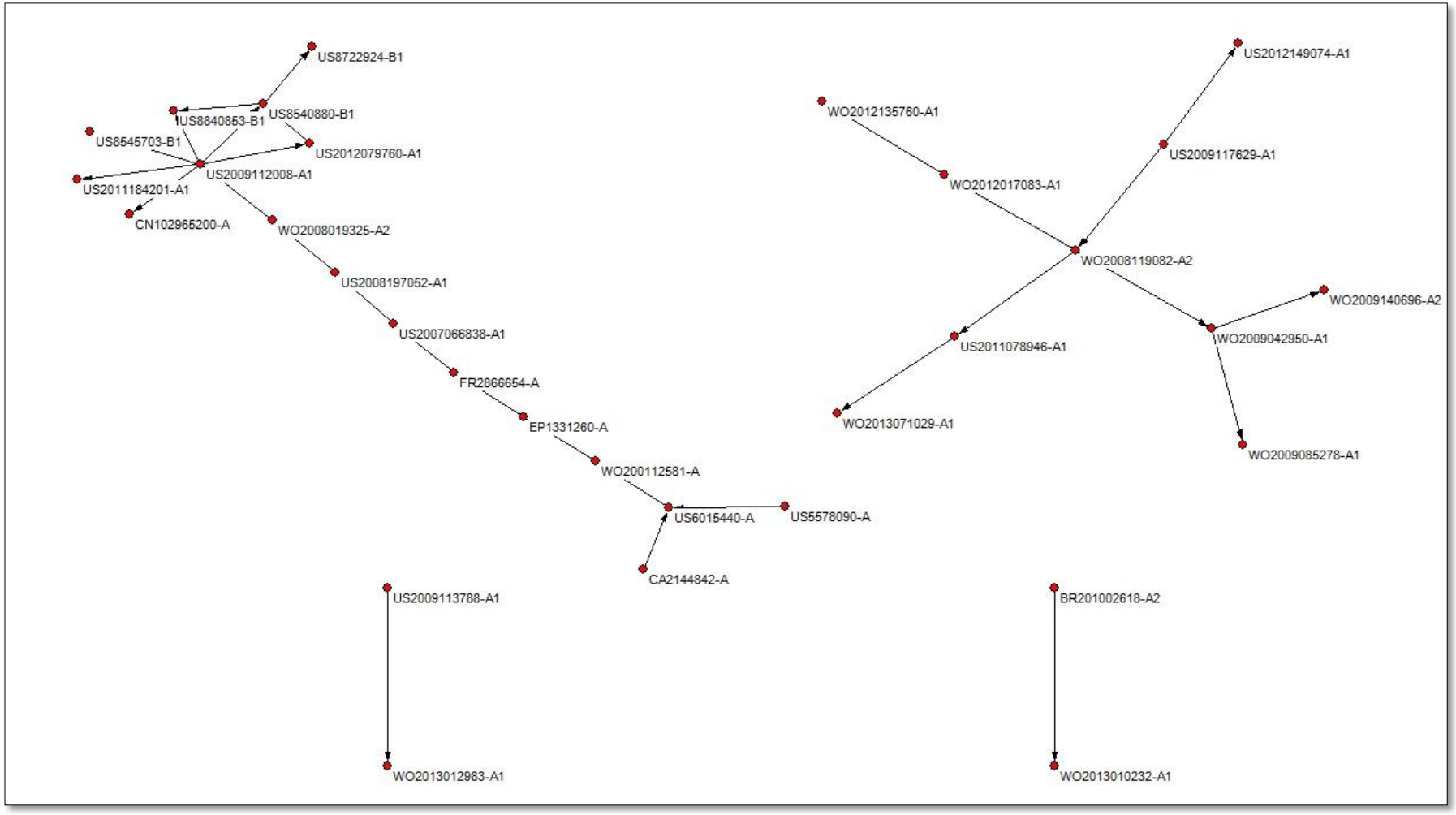


Figura 19 – Caminho principal pelo método *Global Search Key-Route*

A tabela 13 mostra o *ranking* dos depositantes de patentes em biodiesel e a participação de cada um destes depositantes, pelo método Global *Search Key-route*.

Tabela 13 – Principais depositantes de patentes em biodiesel pelo método *Global Search Key-route*

***Ranking* dos principais depositantes de patentes em biodiesel**	**Depositantes do Caminho Principal por Global Search Key-Route**	**Participação dos depositantes em relação ao número de patentes desse caminho**
1º	EUA	48,40%
2º	WIPO	35,60%
3º	Canadá	3,20%
4º	China	3,20%
5º	Escritório Europeu	3,20%
6º	França	3,20%
7º	Brasil	3,20%

Pode-se perceber que o local de proteção predominante das patentes do caminho principal pelo método *Global Search Key-route* também é os Estados Unidos, seguido da Organização Mundial de Propriedade Intelectual.

5.7. Medidas de centralidade

As medidas de centralidade foram obtidas através do Pajek e, posteriormente, os dados foram tratados no Excel, permitindo identificar as principais patentes e seus depositantes, comparando-as ao levantamento bibliométrico realizado.

A tabela 14 lista as principais patentes considerando as medidas de centralidade, além de indicar as instituições de origem, locais de proteção e as classificações aplicáveis a cada uma das patentes de destaque.

Tabela 14 – Principais patentes por centralidade

Patentes	Empresa	Local de proteção	Classif. Derwent	Classif. Internacional
WO9926913-A	ENERGEA HANDELSGMBH, ENERGEA-UMWELTTECHNOLOGIE GMBH, ENERGY SOURCE ENVIRONMENT TECHNOLOGY GMB	WIPO	E17 (Other aliphatics)	B01J-019/00
US6015440-A*	UNIV NEBRASKA	EUA	E17 (Other aliphatics)	C10L-001/18
US2008160593-A1*	GENIFUEL CORP	EUA	D16 (Fermentation industry)	C10L-001/08
US2005011112-A1	PETROBRAS PETROLEO BRASILAS	EUA	C04 (Fertilisers including urea and H3PO4 production)	A23B-007/10
EP1331260-A	IND MANAGEMENT AS	Escritório Europeu	D23 (Oils, fats and waxes)	C10L-001/02
WO200112581-A*	BIOX CORP, HECKBERT 27 GROUP FINANCING LLC	WIPO	D23 (Oils, fats and waxes)	C07C-067/08
US6174501-B1	UNIV NEBRASKA	EUA	E17 (Other aliphatics)	B01J-008/00
US5578090-A*	BRI	EUA	E17 (Other aliphatics)	C10L-001/18
WO2008151149-A2*	SOLAZYME INC	WIPO	D16 (Fermentation industry)	C12M-001/00
US2009064567-A1	MARTEK BIOSCIENCES CORP, DSM NUTRITIONAL PROD LLC, DSM IP ASSETS BV	EUA	A97 (Miscellaneous goods not specified elsewhere)	C10L-001/10
WO2005035693-A2*	UNIV MISSISSIPPI STATE	WIPO	D15 (Treating water, industrial waste and sewage)	C10L-000/00

As patentes marcadas por um "*" são patentes que também estão no caminho principal calculado para esta rede. A Figura 20 mostra os locais de proteção das principais patentes por análise de centralidade e a Figura 21 mostra as instituições onde foram desenvolvidas as principais patentes por centralidade.

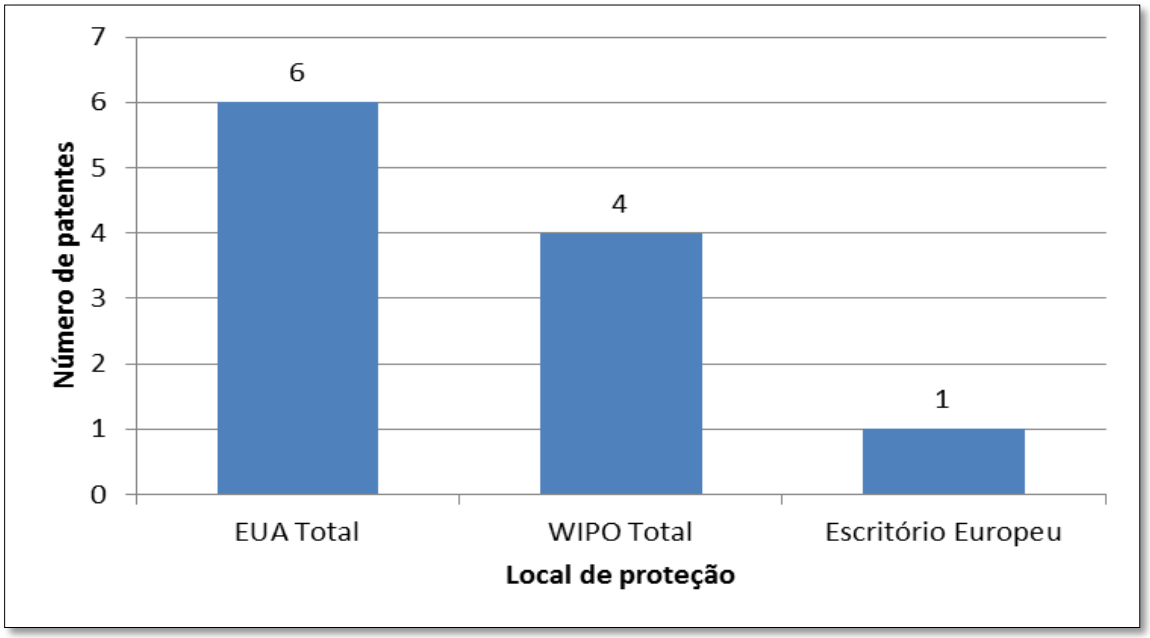


Figura 20 – Locais de proteção das principais patentes de biodiesel considerando as medidas de centralidade

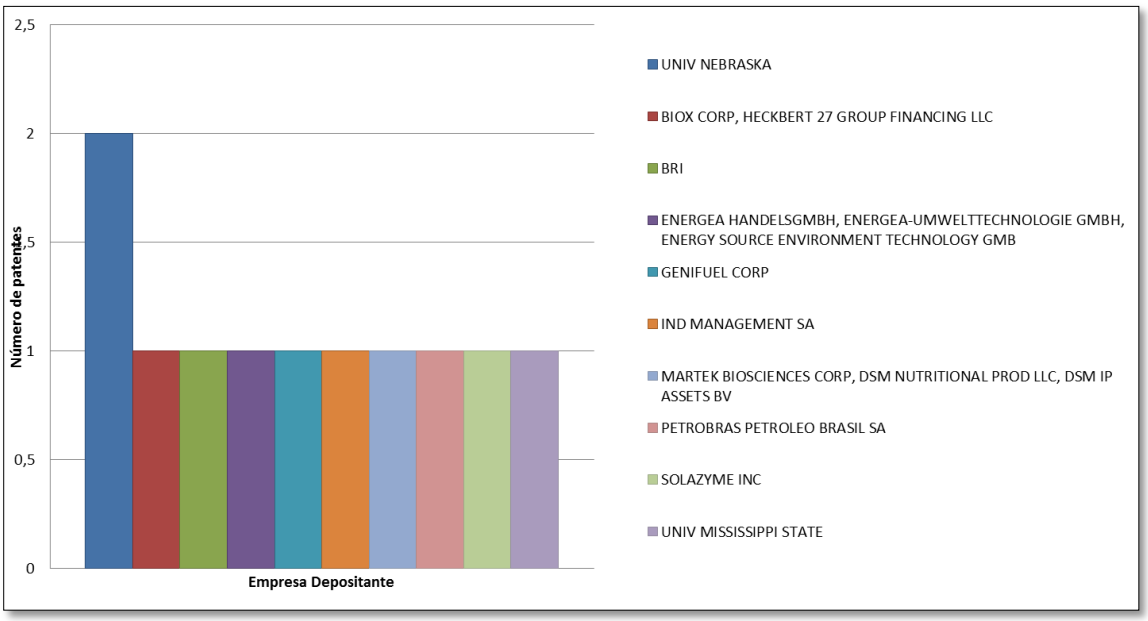


Figura 21 – Empresas depositantes das principais patentes de biodiesel considerando as medidas de centralidade

Comparando os principais bancos depositantes de famílias de patentes em biodiesel através das medidas de centralidade e pelo levantamento bibliométrico, tem-se a tabela 15, que mostra que tanto a Organização Mundial de Propriedade Intelectual quanto os Estados Unidos aparecem em ambos os métodos. Este é um indicativo de que além destes dois bancos de patentes depositarem um alto volume, estas patentes, de um modo geral, têm influência sobre as outras patentes da rede. A terceira instituição de origem de patentes por medidas de centralidade é o Escritório Europeu, e pelo levantamento bibliométrico, o país com maior número de depósitos foi a China, que apesar da grande representatividade em número de famílias de patentes, não aparece em posição de destaque entre os bancos com maiores medidas de centralidade. As medidas de centralidade tendem a indicar as patentes de maior relevância na rede de acordo com os critérios da rede de citação, enquanto que o levantamento biliométrico fornece um mapeamento capaz de destacar como a tecnologia de interesse tem evoluído através do volume de depósitos de patentes, suas origens, entre outros.

Tabela 15 – *Ranking* dos principais depositantes de famílias de patentes de biodiesel por medidas de centralidade e bibliometria

Principais depositantes de patentes em biodiesel	**Medidas de centralidade**	**Levantamento bibliométrico**
1º	Estados Unidos	China
2º	Organização Mundial de Propriedade Intelectual	Organização Mundial de Propriedade Intelectual
3º	Escritório Europeu	Estados Unidos

Ao analisar as principais empresas depositantes através dos métodos bibliométricos e de centralidade, obtém-se a lista contida na Tabela 16.

Tabela 16 – *Ranking* das principais empresas depositantes de patentes de biodiesel por medidas de centralidade e levantamento bibliométrico

Empresas que mais depositam patentes em biodiesel	Medidas de Centralidade	Levantamento Bibliométrico
1º	Energea Handelsgmbh	China Petroleum & Chem Corp
2º	Univ Nebraska	Monsanto Technology Llc
3º	Genifuel Corp	China Petrochemical Ltd
4º	Petrobras	Stine Seed Farm Inc
5º	Ind Management AS	Univ Qinghua
6º	Biox Corp	Petrobras
7º	BRI	Univ Kunming Sci&Technology
8º	Solazyme	Res Inst Petroleum Processing Sinopec
9º	Martek Biosciences Corp, Dsm Nutritional Prod Llc, Dsm Ip Assets Bv	Qingdao Jianeng Energy Conservation
10º	Univ Mississippi State	General Electric CO

A empresa Energea Handelsgmbh, situada na Áustria, é uma companhia voltada para pesquisa no campo dos biocombustíveis e solventes naturais, que visa a encontrar soluções inteligentes que contribuam com o meio ambiente e evite desperdícios de recursos.

China Petroleum é uma empresa de energia chinesa, fornecedora de produtos químicos e derivados do petróleo, com experiência em exploração *onshore* e *offshore* de óleo cru e gás natural, processamento, refino, distribuição, transporte e comercialização.

5.7.1. Classificação internacional das principais patentes por centralidade

A tabela 17 indica as principais patentes por centralidade e suas classificações internacionais e a legenda, que mostra o primeiro nível da classificação da patente, sendo o campo de química e metalurgia o mais abordado dentre as patentes de destaque.

Tabela 17 – 1º nível da classificação internacional das principais patentes por medidas de centralidade

Patentes	Classificação Internacional
WO9926913-A	**B**01J-019/00
US6015440-A	**C**10L-001/18
US2008160593-A1	**C**10L-001/08
US2005011112-A1	**A**23B-007/10
EP1331260-A	**C**10L-001/02
WO200112581-A	**C**07C-067/08
US6174501-B1	**B**01J-008/00
US5578090-A	**C**10L-001/18
WO2008151149-A2	**C**12M-001/00
US2009064567-A1	**C**10L-001/10
WO2005035693-A2	**C**10L-000/00

Legenda	
A	Human Necessities
B	Performing Operations; Transporting
C	Chemistry; Metallurgy

Através da análise da Figura 22, pode-se ver que as patentes de destaque pelas medidas de centralidade estão relacionadas, em sua maioria, à área de química e metalurgia e isto indica por que caminhos as invenções nessa área têm caminhado e pode também ser uma sinalização da tendência de mercado, quando considerado os depósitos de patentes.

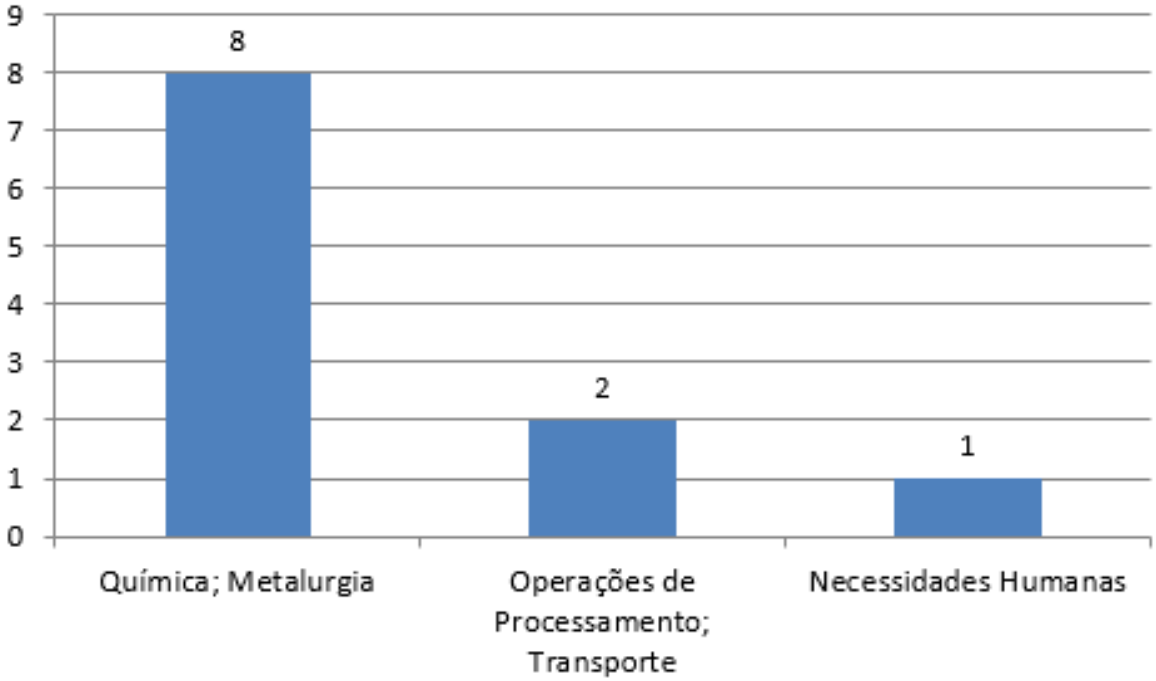


Figura 22 – Classificação internacional das principais patentes considerando as medidas de centralidade

A classificação de uma patente fica mais específica quanto mais níveis de classificação forem detalhados. A tabela 18 mostra as patentes considerando seu último nível de classificação, em que o significado de cada área retrata de uma maneira mais detalhada o assunto da patente de interesse.

Tabela 18 – Classificação internacional das principais patentes por medidas de centralidade

Patentes	Classificação Internacional	Significado da área
WO9926913-A	**B01J-019/00**	Processos químicos, físicos ou físico-químicos em geral
US6015440-A	**C10L-001/18**	Combustíveis líquidos carbonosos contendo oxigênio
US2008160593-A1	**C10L-001/08**	Combustíveis líquidos carbonosos para ignição por compressão
US2005011112-A1	**A23B-007/10**	Preservação com ácidos; Fermentação ácida
EP1331260-A	**C10L-001/02**	Combustíveis carbonosos líquidos essencialmente baseados em componentes que consistem em carbono, hidrogênio e oxigênio
WO200112581-A	**C07C-067/08**	Preparação de ésteres de ácido carboxílico por reação de ácidos carboxílicos ou anidridos simétricos com o grupo hidroxi de compostos orgânicos
US6174501-B1	**B01J-008/00**	Processos químicos ou físicos em geral, conduzidos na presença de fluidos e partículas sólidas
US5578090-A	**C10L-001/18**	Combustíveis líquidos carbonosos contendo oxigênio
WO2008151149-A2	**C12M-001/00**	Aparelhos para enzimologia ou microbiologia
US2009064567-A1	**C10L-001/10**	Combustíveis líquidos carbonosos contendo aditivos
WO2005035693-A2	**C10L-000/00**	Combustíveis não previstos de outra forma; Gás natural; Gás natural sintético obtido por processos não abrangidos pelas subclasses C10g ou C10k; Gás liquefeito de petróleo; Uso de aditivos para combustíveis; Isqueiros

5.8. Descrição das patentes do caminho principal

Neste tópico são apresentadas as patentes do caminho principal, evidenciando seus locais de depósito e ano de publicação, além do tema abordado por cada uma delas, seus objetivos e tecnologias utilizadas.

- **US5578090-A**

A patente foi depositada nos Estados Unidos, em novembro de 1996, possui classificação de química e metalurgia,e se refere à criação de uma composição de aditivo de combustível que não contém volumes éster metílicos de ácidos graxos significantes. Este aditivo não exige adaptação dos motores aos quais forem submetidos e também não causam danos aos mesmos quando forem combinados com o diesel a longo prazo.

- **CA2144842-A**

Esta patente também pertencente ao caminho principal pelo método SPC, teve como destino o Canadá, criada em outubro de 1995. Ela se trata de um método que diminui a temperatura (8ºC a 20ºC de temperatura) de cristalização do óleo cru, usando éster de cadeia ramificada. O éster é gerado através de uma reação entre um álcool e ácido graxo.

- **US6015440-A**

Esta patente foi registrada em janeiro de 2000 nos Estados Unidos, e descreve uma técnica de purificação do glicerol e posterior reação com o isobutileno na presença de um catalisador ácido para produzir éteres de glicerol. Esses éteres podem ser adicionados novamente no processo para melhorar o desempenho do biodiesel como combustível.

- **WO200112581-A**

Se trata de um método para produção de biodiesel através de um solvente, formado em uma única fase. Com isso, o processo se torna mais homogêneo e atinge o resultado de maneira mais rápida. O solvente tem um ponto de ebulição mais baixo, e durante o processo ele evapora e o produto esperado se mantém após a evaporação. Esta patente foi depositada pela Organização Internacional de Propriedade Intelectual em 2011.

- **EP1331260-A**

Patente do Escritório Europeu de julho de 2003, descreve um processo de produção de biodiesel que visa a provocar uma reação entre o subproduto glicerina e cetonas, aldeídos e ácido acético, com o objetivo de gerar um aditivo de combustível para o biodiesel.

- **WO2005035693-A2**

Um método de tratamento da água residual do processo de produção de biodiesel. Este tratamento recupera o lipídio desta água e o retorna para o processo produtivo. Há também outras funcionalidades químicas a esta água residual, como por exemplo a produção de fertilizantes. Patente depositada em abril de 2005.

- **US2008160593-A1**

Esta patente dos Estados Unidos, de 2008, descreve um processo de produção de biocombustível através da utilização de algas marinhas, promovendo o crescimento sequencial fotoautotrófico (organismo que obtém seus nutrientes com a ajuda da luz do sol) e heterotrófico (organismo que é incapaz de produzir o próprio alimento e se nutre de outros seres vivos).

- **CN101280328-A**

Patente chinesa de 2008, que registra um processo de produção de biodiesel a partir de algas de Chlorella, baseado na diminuição de emissão de dióxido de carbono e redução de consumo de fontes orgânicas de carbono, visando também um menor custo produtivo.

- **WO2008151149-A2, US2012203018-A1 e US2012324784-A1**

As invenções deste tópico propõem métodos mais baratos para produção de biodiesel, através do uso de microrganismos produtores de óleo (matéria prima do biodiesel), poupando assim áreas plantadas.

- **US8545703-B1**

O processo produtivo de biodiesel gera como subproduto a glicerina, e esta patente descreve justamente um método para retirar e purificar esta glicerina oriunda da produção de biodiesel e torná-la útil para outro fim. Oriunda dos Estados Unidos, publicada em 2013.

- **WO2012154626-A1 e US2013344548-A1**

Estas patentes descrevem métodos para conversão de xilose (açúcar) em óleo, através da mutação genética de microrganismos. Esta modificação garante uma alta taxa de conversão em óleo, o que pode assegurar uma produção em escala industrial e viável financeiramente.

A Tabela 19 consolida os assuntos das patentes descritas anteriormente e ao analisar de forma geral os assuntos abordados, pode-se perceber que há patentes que têm como assunto central o tratamento de coprodutos oriundos da produção de biodiesel, como a água e glicerina, há outras voltadas para a criação de aditivos de combustíveis, porém a maior parte das patentes do caminho principal possuem foco na produção de biodiesel, com base em diferentes processos e fontes como, por exemplo, solventes, algas marinhas e micro-organismos.

Tabela 19 – Assuntos das patentes do caminho principal

Patente	Assunto
US5578090-A	Aditivo de combustível
CA2144842-A	Produção de biodiesel (variação de temperatura)
US6015440-A	Aditivo de combustível
WO200112581-A	Produção de biodiesel com um solvente
EP1331260-A	Aditivo de combustível com base em glicerina
WO2005035693-A2	Tratamento da água residual do processo de produção de biodiesel
US2008160593-A1	Produção de biocombustível através da utilização de algas marinhas
CN101280328-A	Processo de produção de biodiesel a partir de algas de Chlorella
WO2008151149-A2	Produção de biodiesel, através do uso de microrganismos produtores de óleo
US2012203018-A1	Produção de biodiesel, através do uso de microrganismos produtores de óleo
US2012324784-A1	Produção de biodiesel, através do uso de microrganismos produtores de óleo
US8545703-B1	Um método para retirar e purificar esta glicerina oriunda da produção de biodiesel
WO2012154626-A1	Métodos para conversão de xilose (açúcar) em óleo, através da mutação genética de microrganismos
US2013344548-A1	Métodos para conversão de xilose (açúcar) em óleo, através da mutação genética de microrganismos

6. Discussão

Através da análise bibliométrica deste estudo foi possível identificar a evolução dos depósitos de patentes de biodiesel ao longo do tempo, percebendo-se que especialmente entre 2010 e 2014 o volume de depósitos de patentes nesta área cresceu 76% quando comparado ao volume depositado entre 2000 e 2009, o que pode ser um indício de crescimento do interesse pela produção tecnológica neste setor. Por meio da análise quantitativa das áreas em que as patentes são depositadas, percebe-se que 74% das publicações referentes ao biodiesel são classificadas na área de química e metalurgia, estando a segunda classificação apenas com 12% dos depósitos realizados, Operações de Processamento e Transporte. Desde 2004 a seção de química e metalurgia tem posição de destaque quando comparada às demais áreas de classificação. As principais empresas depositantes também foram identificadas através desta análise quantitativa das patentes, e a empresa com o maior número de patentes foi a China Petroleum & Chem Corp. Dentre as vinte empresas que mais tiveram patentes relacionadas ao biodiesel publicadas, treze delas são chinesas, apontando a hegemonia deste país ao considerar o volume de patentes publicadas nesta área, superando os Estados Unidos e a Organização Mundial de Propriedade Intelectual.

A China é um país grande e populoso e seu consumo de energia e, consequentemente, sua dependência do petróleo tem crescido com o passar do tempo. Segundo Liu, entre 2002 e 2010 houve um aumento de 7,83% do consumo de petróleo no país. Além desta grande dependência energética, a preocupação com as emissões de gases de efeito estufa levaram o governo chinês a incentivar políticas públicas para definir novas fontes de energia, tornando a matriz energética mais limpa. A fim de tornar a produção de biodiesel minimamente impactante à concorrência com os alimentos, o governo da China incentiva o uso de gordura animal e óleos vegetais inutilizados para a produção de biodiesel. A posição de destaque da China, quando considerado o volume de depósitos de patentes existentes sobre biodiesel, está relacionada ao grau de apoio do governo chinês através de políticas voltadas à produção de biodiesel, alto investimento em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias ligadas a biocombustíveis, impulsionando a participação de mais empresas na indústria (LIANG *et al.*, 2016).

As patentes oriundas da China são depositadas, em sua maioria, no próprio país, e Zhao e colaboradores (2014) defendem que a indústria de bioenergia é um meio eficaz para que a China alcance a segurança energética, diminuindo a dependência dos combustíveis de origem fóssil. Por outro lado, acreditam que do ponto de vista técnico, as tecnologias oriundas de bioenergia da China não estão maduras, isso significa que por um período longo de tempo, a biomassa e a energia fóssil irão desenvolver papel conjunto na matriz energética chinesa e este pode ser um fator predominante à pequena participação das patentes chinesas fora da China. Apesar da crença apresentada anteriormente, o motivo pelo qual as tecnologias chinesas ainda não garantem sua eficiência energética considerando as fontes renováveis ainda precisa ser melhor estudado e não pode ser apropriado simplesmente à maturidade tecnológica, principalmente porque todo tipo de inovação trata de tecnologias recém desenvolvidas e que alcançam maturidade apenas com o passar do tempo.

Quintella e colaboradores em 2011, buscaram fazer um estudo de prospecção tecnológica, mapeando metodologias patenteadas de análise óptica da estabilidade oxidativa e da massa específica e viscosidade de óleos e biodiesel, e a avaliação da qualidade de biocombustíveis, combustíveis e suas misturas. Através deste estudo, foi possível identificar as instituições e empresas detentoras das inovações tecnológicas, além de destacar as transformações ocorridas no campo estudado ao longo do tempo. Há algumas semelhanças quando comparada esta dissertação ao trabalho de Quintella, porém a primeira faz uma análise através de técnicas de redes sociais que possibilita identificar o caminho principal da rede, ou seja, aquele por onde o fluxo de conhecimento tecnológico é mais intenso e, com isso, identifica-se as patentes mais citadas e mais influentes da rede.

Enquanto no presente trabalho foi feita uma análise da rede de citação das patentes em biodiesel, Guimarães em parceria com outros pesquisadores, analisou em 2015 a rede de colaboração científica sobre o biogás, um importante tipo de biocombustível, e através desta rede de coautoria concluiu quais eram os países detentores dos principais documentos da área. Com relação à análise da rede de citação desta dissertação, percebeu-se que a China não possui tanta influência dentre às demais patentes, sendo os Estados Unidos e a Organização Mundial de Propriedade Intelectual os depositantes mais citados da rede e também os que mais realizam citações. O

caminho principal desta rede foi calculado com base nos pesos transversais da mesma, pelo método SPC (*Search Path Count*) na ferramenta de análise de redes sociais Pajek. Dentre as quinze patentes do caminho principal, sete delas tiveram origem nos Estados Unidos, cinco foram depositadas pela Organização Mundial de Propriedade Intelectual e a China, o Escritório Europeu de Patentes e o Canadá possuem uma patente no caminho principal cada um. Este dado indica que tanto os Estados Unidos quanto a Organização Mundial de Propriedade Intelectual possuem uma forte produção tecnológica na área, que impulsionou o desenvolvimento de diversas outras inovações de tecnologias voltadas para este setor.

As patentes WO2012154626-A1 e US2013344548-A1, descrevem métodos para conversão de xilose (açúcar) em óleo por meio da mutação genética de microrganismos, técnica que vem crescendo ao longo do tempo e que tem os Estados Unidos como principal gerador de estudos e inovações sobre o tema (DE ALMEIDA GOMES *et al*., 2013). A abordagem tecnológica destas patentes caminha a favor da expansão no uso e produção de biodiesel atendendo à necessidade do estudo de novas tecnologias focadas em combustíveis, a fim de tornar o processo de produção mais eficiente e em escala industrial, já que fornece uma alta taxa de conversão em óleo, assegurando viabilidade econômica. Seguindo a mesma linha, as invenções das patentes WO2008151149-A2, US2012203018-A1 e US2012324784-A1 propõem métodos mais baratos para produção de biodiesel, através do uso de microrganismos produtores de óleo. Os combustíveis de terceira geração podem ser gerados nas invenções descritas nas patentes US2008160593-A1 e CN101280328-A, ambas baseadas no uso de algas, que apresentam diversas vantagens, devido ao alto rendimento lipídico que as algas podem dar origem (SANTOS, 2012). Enquanto a primeira utiliza algas marinhas estimuladas por açúcares para seu crescimento, a segunda registra processo de produção a partir de algas *Chlorella*, baseado na diminuição de emissão de dióxido de carbono e redução de consumo de fontes orgânicas de carbono, visando também um menor custo produtivo e consequentemente maior viabilidade econômica. A utilização de microrganismos para produção de óleos, característicos de combustíveis de segunda geração, bem como o uso de algas, encontrados em combustíveis de terceira geração, favorecem a proteção de áreas plantadas, preservando os preços dos alimentos e a segurança alimentar e evitando o aumento na taxa de desmatamento.

Com o objetivo de aumentar a produção e o uso do biodiesel, novas tecnologias são necessárias para tornar o processo viável do ponto de vista econômico e de eficiência (DEMIRBAS, 2008). A patente WO200112581-A descreve um método em que o processo de produção de biodiesel se torna mais eficiente e homogêneo, atingindo resultados de maneira mais rápida por meio de um solvente que evapora durante o processo, mantendo o produto esperado após a evaporação. Seguindo a linha da necessidade de se encontrar novas tecnologias capazes de tornar o processo de produção de biodiesel mais eficiente, as inovações descritas nas patentes US8545703-B1 e WO2005035693-A2 viabilizam o reaproveitamento de coprodutos desta produção, como a retirada e purificação da glicerina, que é gerada como subproduto, e o tratamento de água residual, que pode ser utilizada no próprio processo de produção de biodiesel ou na produção de fertilizantes. Este reaproveitamento de coprodutos torna o processo vantajoso economicamente, equilibrando, no saldo final, com o alto custo da produção em larga escala do biodiesel.

Visando o atendimento da crescente demanda de energia e a redução das emissões de gases de efeito estufa, as instituições devem buscar produzir tecnologias que diminuam a dependência dos combustíveis oriundos de petróleo (ATABANI *et al*., 2012). As patentes US5578090-A, US6015440-A e EP1331260-A descrevem métodos para produção de aditivos de combustíveis que, assim como outras patentes do caminho principal, visam melhorar as características técnicas do combustível e diminuir a dependência dos combustíveis fósseis.

7. Conclusão

A análise bibliométrica mostrou que os depósitos de famílias de patentes de biodiesel têm crescido ao longo do tempo, o que aponta para uma evolução e desenvolvimento deste campo tecnológico, que tem a China como principal depositante, quando considerado o volume de depósitos de patentes até 2014.

A principal área de classificação das patentes do levantamento bibliométrico e do caminho principal é a química e metalurgia, o que indica que as pesquisas tecnológicas no campo de biodiesel estão voltadas para este tema.Apesar de a China ser considerada o país com maior número de depósitos, ao levar em conta o país de origem das patentes pertencentes ao caminho principal, os Estados Unidos são os que obtém maior participação.

A análise da rede de citação das patentes possibilitou identificar os atores mais relevantes sobre biodiesel e a interferência de cada depósito nos demais. O caminho principal da rede obtido possui 15 patentes, cujos assuntos tratados giram em torno de diferentes temas, como: patentes relacionadas a aditivos de combustível, produção de biodiesel através de algas e microrganismos, e tratamento de coprodutos oriundos da produção de biodiesel. Pode-se perceber que, de um modo geral, os temas tratados pela maior parte das patentes contidas no caminho principal, visam minimizar problemas hoje encontrados para a produção de biodiesel.

A utilização destas inovações como um todo tende a diminuir a dependência dos combustíveis fósseis, que hoje é vista como um dos desafios na produção de energia. Além da alta dependência do petróleo, a geração de coprodutos oriundos da cadeia produtiva do biodiesel se mostra como um tema de destaque, em que as inovações voltadas para a utilização e reinserção destes coprodutos em novas cadeias produtivas tornam o processo mais eficiente e sustentável. Outro ponto de atenção da cadeia produtiva de biodiesel é a competição com as áreas plantadas, quando considerado o método para obtenção do óleo através de sementes de oleaginosas. Existem importantes patentes que já descrevem o processo de produção do biodiesel com base em microrganismos modificados geneticamente e à base de algas, o que reduz a competição previamente citada e indica potenciais métodos para produção do biodiesel.

Apesar dos inúmeros obstáculos ainda encontrados quando considerada a produção do biodiesel, como baixo rendimento, necessidades de grandes extensões de

áreas plantadas e o excesso de coprodutos gerados de sua reação, entre outros, percebe-se que as principais patentes ligadas a esta área tecnológica, abordam temas que convergem às soluções das limitações apresentadas para as atuais barreiras encontradas para a produção de biodiesel. O que prova que as inovações tecnológicas de maior relevância no setor têm aplicabilidade quanto mais se investir no biodiesel como fonte de energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, Biju Paul; MOITRA, Soumyo D. Innovation assessment through patent analysis. **Technovation**, v. 21, n. 4, p. 245-252, 2001.

AGHBASHLO, Mortaza; DEMIRBAS, Ayhan. Biodiesel: hopes and dreads. **Biofuel Research Journal**, v. 3, n. 2, p. 379-379, 2016.

AJANOVIC, Amela. Biofuels versus food production: does biofuels production increase food prices?. **Energy**, v. 36, n. 4, p. 2070-2076, 2011.

ALBUQUERQUE, M. C. G.; MACHADO, Y. L.; TORRES, A. E. B.; AZEVEDO, D. C. S., CAVALCANTE, C. L.; FIRMIANO, L. R.; PARENTE, E. J. S. Properties of biodiesel oils formulated using different biomass sources and their blends. **Renewable Energy**, v. 34, n. 3, p. 857-859, 2009.

ALVARADO, Rubén Urbizagástegui. A Lei de Lotka na bibliometria brasileira. **Ciência da Informação**, v. 31, n. 2, 2002.

ANDRADE, Isadora Lucena; GUIMARÃES, Cláudio Marcelo Matos; GALVÃO, Viviane. Rede de colaboração científica das principais oleaginosas envolvidas na produção do biodiesel. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 21, n. 1, p. 207-224, 2016.

ARAÚJO, Carlos AA. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em questão**, v. 12, n. 1, 2006.

ATABANI, A. E.; SILITONGA, A. S.; BADRUDDIN, I. A.; MAHLIA, T. M. I., MASJUKI, H. H.; MEKHILEF, S. A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 16, n. 4, p. 2070-2093, 2012.

BATAGELJ, V. Efficient algorithms for citation network analysis. University of Ljubljana, Institute of Mathematics, Physics and Mechanics Department of Theoretical Computer Science, **Preprint Series**, 41, 897, 2003.

BENGISU, Murat; NEKHILI, Ramzi. Forecasting emerging technologies with the aid of science and technology databases. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 73, n. 7, p. 835-844, 2006.

BODIN, Örjan; CRONA, Beatrice I. The role of social networks in natural resource governance: What relational patterns make a difference?. **Global environmental change**, v. 19, n. 3, p. 366-374, 2009.

CABRAL, Sandro; LAZZARINI, Sérgio Giovanetti. Internacionalizar é preciso, produzir por produzir não é preciso. **Organizações & Sociedade**, v. 18, n. 58, p. 541-542, 2011.

CALDAS, Miguel Pinto; TINOCO, Tatiana. Pesquisa em gestão de recursos humanos nos anos 1990: um estudo bibliométrico. **RAE-revista de administração de empresas**, v. 44, n. 3, p. 100-114, 2004.

CARLSSON, Lars; SANDSTRÖM, Annica. Network governance of the commons. **International Journal of the Commons**, v. 2, n. 1, p. 33-54, 2008.

CHISTI, Y. Biodiesel from microalgae. **Biotechnology advances**, 25, 294-306, 2007.

CIRIMINNA, R.; PALMISANO, G.; DELLA PINA, C.; ROSSI, M.; PAGLIARO, M. One-pot electrocatalytic oxidation of glycerol to DHA. **Tetrahedron letters**, v. 47, n. 39, p. 6993-6995, 2006.

COATES, V.; FAROOQUE, M.; KLAVANS, R.; LAPID, K.; LINSTONE, H. A.; PISTORIUS, C.; PORTER, A. L. On the future of technological forecasting. **Technological forecasting and social change**, v. 67, n. 1, p. 1-17, 2001.

CROSS, Robert L.; PARKER, Andrew. **The hidden power of social networks: Understanding how work really gets done in organizations**. Harvard Business Review Press, 2004.

DAIM, T. U.; RUEDA, G.; MARTIN, H.; GERDSRI, P. Forecasting emerging technologies: Use of bibliometrics and patent analysis. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 73, n. 8, p. 981-1012, 2006.

DANTAS, MANOEL BARBOSA. Obtenção, caracterização e estudo termoanalítico de biodiesel de milho (Zea mays L.). **João Pessoa**, 2006.

DE ALMEIDA GOMES, J.; SANTOS FILHO, F. C.; CUNHA, M. C.; SILVA, R. A. O.; DE SOUZA ARAÚJO, I. M.; SANTOS, M. R. D. M. C. PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DO USO DE MICROORGANISMOS NA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS. **Anais do Simpósio Internacional de Inovação Tecnológica-SIMTEC**, v. 1, n. 1, 2013.

DE MELO MARICATO, J.; NORONHA, D. P.; de PÓS-GRADUAÇÃO, D. P.; FUJINO, A. Análise bibliométrica da produção tecnológica em biodiesel: contribuições para uma política em CT&I. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 15, n. 2, p. 89-107, 2010.

DEMIRBAS, Ayhan. Biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections. **Energy conversion and management**, v. 49, n. 8, p. 2106-2116, 2008.

DE NOOY, Wouter; MRVAR, Andrej; BATAGELJ, Vladimir. **Exploratory social network analysis with Pajek**. Cambridge University Press, 2005.

DE OLIVEIRA, L. G., SUSTER, R., PINTO, A. C., RIBEIRO, N. M., e DA SILVA, R. B. Informação de patentes: ferramenta indispensável para a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico. **Química nova**, 28, 36, 2005.

DE OLIVEIRA LIMA, J. R.; DA SILVA, R. B.; DA SILVA, C. C. M.; SOARES, L. S. Biodiesel de babaçu (Orbignya sp.) obtido por via etanólica. **Quim. Nova**, v. 30, n. 3, p. 600-603, 2007.

DOS SANTOS AMPARO, Keize Katiane; RIBEIRO, Maria do Carmo Oliveira; GUARIEIRO, Lilian Lefol Nani. Estudo de caso utilizando mapeamento de prospecção tecnológica como principal ferramenta de busca científica. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 17, n. 4, p. 195-209, 2012.

DOU, H. A bibliometria e os softwares Matheo Analyser e Matheo Patent. In: TARAPANOFF, K. (org.). **Inteligência, informação e conhecimento**. Brasília: IBICT; UNESCO, p. 339-378, 2006.

ENSSLIN, L. Disciplina de MCDA-C do Programa de Pós Graduação em Engenharia da Produção. UFSC, 2010. Notas de aula.

FAKAS, S.; PAPANIKOLAOU, S.; GALIOTOU-PANAYOTOU, M.; KOMAITIS, M.; AGGELIS, G. Organic nitrogen of tomato waste hydrolysate enhances glucose uptake and lipid accumulation in Cunninghamella echinulata. **Journal of applied microbiology**, v. 105, n. 4, p. 1062-1070, 2008.

FAKAS, S.; PAPANIKOLAOU, S.; BATSOS, A.; GALIOTOU-PANAYOTOU, M.; MALLOUCHOS, A.; AGGELIS, G. Evaluating renewable carbon sources as substrates for single cell oil production by Cunninghamella echinulata and Mortierella isabellina. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, n. 4, p. 573-580, 2009.

FARIA, L. I. L. D. **Prospecção tecnológica em materiais: aumento da eficiência do tratamento bibliométrico**. Aplicação na análise de tratamentos de superfície resistentes ao desgaste. 2001.

FIRAT, Ayse Kaya; WOON, Wei Lee; MADNICK, Stuart. Technological forecasting–A review. **Composite Information Systems Laboratory (CISL), Massachusetts Institute of Technology**, 2008.

FORESTI, Nóris Almeida Bethonico. Contribuição das revistas brasileiras de biblioteconomia e ciência da informação enquanto fonte de referência para a pesquisa. **Ciência da Informação**, v. 19, n. 1, 1990.

FREEMAN, Linton C. Centrality in social networks conceptual clarification. **Social networks**, v. 1, n. 3, p. 215-239, 1978.

FUJIGAKI, Yuko. Filling the gap between discussions on science and scientists' everyday activities: applying the autopoiesis system theory to scientific knowledge. **Social Science Information**, v. 37, n. 1, p. 5-22, 1998.

GANDY, Oscar H. Data mining and surveillance in the post 9/11 environment. **The Surveillance Studies Reader. New York: Open University Press/McGraw Hill**, p. 147-157, 2007.

GARCIA, E.; LACA, M.; PÉREZ, E.; GARRIDO, A.; PEINADO, J. New class of acetal derived from glycerin as a biodiesel fuel component. **Energy & Fuels**, v. 22, n. 6, p. 4274-4280, 2008.

GERIS, R.; DOS SANTOS, N. A. C.; AMARAL, B. A.; DE SMAIA, I.; CASTRO, V. D.; CARVALHO, J. R. M. Biodiesel de soja-reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1369, 2007.

GONÇALVES, V. L.; PINTO, B. P.; SILVA, J. C.; MOTA, C. J. Acetylation of glycerol catalyzed by different solid acids. **Catalysis Today**, v. 133, p. 673-677, 2008.

GOUDA, Mona K.; OMAR, Sanaa H.; AOUAD, Linda M. Single cell oil production by Gordonia sp. DG using agro-industrial wastes. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 24, n. 9, p. 1703, 2008.

GUIA DA IPC. 2012. Disponível em: <http://ipc.inpi.gov.br/ipcpub/static/pdf/guia_ipc/br/guide/guide_ipc.pdf>. Acesso em: ago. 2015.

GUIMARÃES, Cláudio Marcelo Matos; GALVÃO, Viviane. Análise da rede de colaboração científica sobre biogás. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 20, n. 2, p. 120-133, 2015.

HASHEMINEJAD, M.; TABATABAEI, M.; MANSOURPANAH, Y.; JAVANI, A.. Upstream and downstream strategies to economize biodiesel production. **Bioresource technology**, v. 102, n. 2, p. 461-468, 2011.

HUMMON, Norman P.; DEREIAN, Patrick. Connectivity in a citation network: The development of DNA theory. **Social networks**, v. 11, n. 1, p. 39-63, 1989.

HUNG, S. C.; LIU, J. S.; LU, L. Y.; TSENG, Y. C. Technological change in lithium iron phosphate battery: the key-route main path analysis. **Scientometrics**, v. 100, n. 1, p. 97-120, 2014.

IEA. International Energy Agency. Energy Information Administration, **Energy Outlook**. 2011. Disponível em: <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484%282011%29.pdf>. Acesso em: fev. 2017.

ILLMAN, A. M.; SCRAGG, A. H.; SHALES, S. W. Increase in Chlorella strains calorific values when grown in low nitrogen medium. **Enzyme and microbial technology**, v. 27, n. 8, p. 631-635, 2000.

JANNUZZI, Gilberto M.; GOMES, Adriana F.; ANDRADE, Homero G. Mapeamento de competências e infraestrutura para P&D: indicadores para auxílio à prospecção tecnológica na área de energia. **Campinas: International Energy Initiative Latin American Office**, 2003.

KNOTHE, G.; KRAHL, J.; VAN GERPEN, J.; Ramos, L. P. A história dos combustíveis derivados de óleos vegetais. **Manual de Biodiesel. São Paulo, Editora Blucher**, p. 05-18, 2006.

KUPFER, David; TIGRE, Paulo. Prospecção tecnológica. **Modelo SENAI de prospecção: documento metodológico. Montevideo: OIT/CINTERFOR**, 2004.

KUMAR, Sameer; JAN, Jariah Mohd. Research collaboration networks of two OIC nations: Comparative study between Turkey and Malaysia in the field of 'Energy Fuels', 2009–2011. **Scientometrics**, v. 98, n. 1, p. 387-414, 2014.

LIANG, H.; REN, J.; GAO, Z.; GAO, S.; LUO, X.; DONG, L.; SCIPIONI, A. Identification of critical success factors for sustainable development of biofuel industry in China based on grey decision-making trial and evaluation laboratory (DEMATEL). **Journal of Cleaner Production**, v. 131, p. 500-508, 2016.

LIU, Qiang; SHI, Minjun; JIANG, Kejun. New power generation technology options under the greenhouse gases mitigation scenario in China. **Energy Policy**, v. 37, n. 6, p. 2440-2449, 2009.

LIU, John S.; LU, Louis YY. An integrated approach for main path analysis: Development of the Hirsch index as an example. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 63, n. 3, p. 528-542, 2012.

LIU, J. S.; LU, L. Y.; LU, W. M.; LIN, B. J. Data envelopment analysis 1978–2010: A citation-based literature survey. **Omega**, v. 41, n. 1, p. 3-15, 2013.

(2013). Data envelopment analysis 1978–2010: A citation-based literature survey. *Omega*, *41*(1), 3-15.

MACEDO, M.; BOTELHO, L. D. L. R.; DUARTE, M. A. T.; FIALHO, F. A. P. Revisão bibliométrica sobre a produção científica em aprendizagem gerencial. **Gestão e Sociedade**, v. 4, n. 8, p. 619-639, 2011.

MARQUES, M. V.; SILVA, C. F. G. D.; NACIUK, F. F.; FONTOURA, L. A. M. A química, os processos de obtenção e as especificações do biodiesel. **Revista Analytica**, n. 33, p. 72-87, 2008.

MARTINO, Joseph P. A review of selected recent advances in technological forecasting. **Technological forecasting and social change**, v. 70, n. 8, p. 719-733, 2003.

MASCARENHAS, André Ofenhejm; BARBOSA, Allan Claudius Queiroz. Brazilian scientific production in human resource management in the period 2000-2010. **Revista de Administração de Empresas**, v. 53, n. 1, p. 35-45, 2013.

MDA, Ministério da Agricultura. 2016. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/secretaria/saf-biodiesel/o-selo-combust%C3%ADvel-social>. Acesso em: jun. 2016.

MEDEIROS, Vitor Magno Andrade. Avaliação de desempenho ambiental e social da produção de bioquerosene de Macaúba: uma proposta metodológica. 2016.

MEHER, L. C.; SAGAR, D. Vidya; NAIK, S. N. Technical aspects of biodiesel production by transesterification—a review. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 10, n. 3, p. 248-268, 2006.

MENG, X.; YANG, J.; XU, X.; ZHANG, L.; NIE, Q.; XIAN, M. Biodiesel production from oleaginous microorganisms. **Renewable energy**, v. 34, n. 1, p. 1-5, 2009.

MOREL, C. M.; SERRUYA, S. J.; PENNA, G. O.; GUIMARÃES, R. Co-authorship network analysis: a powerful tool for strategic planning of research, development and capacity building programs on neglected diseases. **PLoS Negl Trop Dis**, v. 3, n. 8, p. e501, 2009.

MORRIS, S.; DEYONG, C.; WU, Z.; SALMAN, S.; YEMENU, D. DIVA: a visualization system for exploring document databases for technology forecasting. **Computers & Industrial Engineering**, v. 43, n. 4, p. 841-862, 2002.

MOTA, C. J. A. **Periódico Tchê Química**, v. 3, n. 6, 2006.

MOTA, C. J.; DA SILVA, C. X.; GONÇALVES, V. L. C. Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 639-648, 2009.

MOTA, C. J.; DA SILVA, C. X.; ROSENBACH JR, N; COSTA, J.; DA SILVA, F. Glycerin derivatives as fuel additives: the addition of glycerol/acetone ketal (solketal) in gasolines. **Energy & Fuels**, v. 24, n. 4, p. 2733-2736, 2010.

MOTA, Claudio José A.; PESTANA, Carolina FM. Co-produtos da Produção de Biodiesel. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 5, p. 416-425, 2011.

MUJTABA, G.; CHOI, W.; LEE, C. G.; LEE, K. Lipid production by Chlorella vulgaris after a shift from nutrient-rich to nitrogen starvation conditions. **Bioresource technology**, v. 123, p. 279-283, 2012.

NASEER, M. M.; MAHMOOD, K. Use of bibliometrics in LIS research. **LIBRES: Library of Information Science Research Eletronic Journal**, v. 19, n.2, p. 1-11, 2009.

NETO, P. R. C.; ROSSI, L. F.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química nova**, v. 23, n. 4, p. 531-537, 2000.

Neto, P. R. C., Rossi, L. F., Zagonel, G. F., & Ramos, L. P. (2000). Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. *Química nova*, *23*(4), 531-537.

NEWIG, J.; GÜNTHER, D., PAHL-WOSTL, C. Synapses in the network: learning in governance networks in the context of environmental management. **Ecology and Society**, v. 15, n. 4, p. 24, 2010.

NEWMAN, Mark EJ. Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 101, n. suppl 1, p. 5200-5205, 2004.

NORTON, Melanie. **Introductory concepts in information science**. Information Today, Inc., 2000.

OLIVEIRA, B.M.G.; SOMMERLATTE, B.R. Plano de gerenciamento integrado do resíduo óleo de cozinha. 2009. Disponível em: <http://www.projetoreciclar.ufv.br/docs/cartilha/ pgi_oleo_cozinha.pdf>. Acesso em: mai. 2015)

OPEN REFINE. 2012. Disponível em: <http://openrefine.org>. Acesso em: ago. 2015.

PAPANIKOLAOU, Seraphim; KOMAITIS, Michael; AGGELIS, George. Single cell oil (SCO) production by Mortierella isabellina grown on high-sugar content media. **Bioresource Technology**, v. 95, n. 3, p. 287-291, 2004.

PARENTE, E. D. S. Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado. **Fortaleza: Tecbio**, 2003.

PESSUTI, O. A biomassa paranaense e sustentabilidade de novos sistemas produtivos. **Seminário Paranaense de Biodiesel**, v. 1, 2003.

PLANO Nacional de Agroenergia. 2. ed. rev. Brasília: **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Produção e Agroenergia**, 2006.

PROCACI, T.; ARAUJO, R.; SIQUEIRA, S. W.; NUNES, B. P. Prospecção Tecnológica: Levantamento de Patentes, Atuação da Academia e Potenciais Inovações em Ambientes de Aprendizagem no Brasil de 2000 a 2015. **iSys-Revista Brasileira de Sistemas de Informação**, v. 9, n. 3, p. 69-88, 2016.

PUTTI, Fernando Ferrari; LUDWIG, Rafael; MACINI, Nayele Macini. Análise da viabilidade da produção de biodiesel a partir do uso do algodão. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 8, n. 7, 2012.

QUINTELLA, C. M.; MEIRA, M.; KAMEI, A. G.; TANAJURA, A. S.; GONÇALVES DA SILVA, H. R. Prospecção tecnológica como uma ferramenta aplicada em ciência e tecnologia para se chegar à inovação. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 5, p. 406-415, 2011.

RAMOS, L. P. Conversão de óleos vegetais em biocombustível alternativo ao diesel convencional. In: **Congresso brasileiro de soja**. 1999. p. 233-236.

RIGANO, V. D. M; VONA, V.; ESPOSITO, S.; CARILLO, P. CARFAGNA, S.; RIGANO, C. The physiological significance of light and dark NH 4+ metabolism in Chlorella sorokiniana. **Phytochemistry**, v. 47, n. 2, p. 177-181, 1998.

RIZZETTI, T.A.; RODRIGUES, G.O.; SIMONETTO, E.O.; GIL, R.C. Uso de dinâmica de sistemas para avaliação de cenários de reaproveitamento de óleo de cozinha na produção de biodiesel em uma IES pública. **Sistemas & Gestão**, 11, 112-119, 2016.

SABESP, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. 2007. **Programa de Reciclagem de Óleo de Fritura da Sabesp**. Disponível em: <http://www.site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/programa_reciclagem_oleo_completo.pdf>. Acesso em: mai. 2015.

SAHOO, Dinabandhu; ELANGBAM, Geetanjali; DEVI, Salam Sonia. Using algae for carbon dioxide capture and biofuel production to combat climate change. **Phykos**, v. 42, n. 1, p. 32-38, 2012.

SANTOS, RBDOS; LACERDA JR, V; SOUZA, TS; CASTRO, EVR. Estudo das propriedades físico-químicas do biodiesel obtido a partir do óleo da cutieira (Joannesia princeps Vell). In: **CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL**. p. 44-47. 2007.

SCHUCHARDT, Ulf; RIBEIRO, Marcelo L.; GONÇALVES, Adilson R. A indústria petroquímica no próximo século: como substituir o petróleo como matéria-prima. **Química Nova**, v. 24, n. 2, p. 247-251, 2001.

SCHUCHARDT, Ulf; SERCHELI, Ricardo; VARGAS, Rogério Matheus. Transesterification of vegetable oils: a review. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 9, n. 3, p. 199-210, 1998.

SHAID, Ejaz M.; JAMAL, Younis. A review of biodiesel as vehicular fuel. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 12, n. 9, p. 2484-2494, 2008.

SHIRAZI, Mohammad Mahdi A; KARGARI, Ali; TABATABAEI, Meisam; MOSTAFAEID, Boyuk; AKIA, Mandana; BARKHI, Mohammad; SHIRAZI, Mohammad Javad A. Acceleration of biodiesel–glycerol decantation through NaCl-

assisted gravitational settling: a strategy to economize biodiesel production. **Bioresource technology**, v. 134, p. 401-406, 2013.

SOARES, Jaqueline Mendes; CORREA, M. C. D. V. Como pesquisar o perfil patentário de um fármaco: o caso Efavirenz. **Quím. Nova**, v. 33, n. 5, 2010.

SOCZKA, Luís. Modelos de análise de redes sociais e limitações do modelo de equilíbrio estrutural de Heider. **Interações: Sociedade e as novas modernidades**, v. 5, n. 8, 2005.

STAISS, Christian; PEREIRA, Helena. Biomassa, energia renovável na agricultura e no sector florestal. **Revista Agros, Instituto Superior de Agronomia, Portugal**, v. 13, n. 1, p. 21-28, 2001.

TARAPANOFF, Kira. **Inteligência, informação e conhecimento em corporações**. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), 2006.

TASHTOUSH, Ghassan; AL-WIDYAN, Mohamad I.; AL-SHYOUKH, Ali O. Combustion performance and emissions of ethyl ester of a waste vegetable oil in a water-cooled furnace. **Applied Thermal Engineering**, v. 23, n. 3, p. 285-293, 2003.

VALENTIM, M. L. P. TARAPANOFF, K.(Org.). Análise da informação para tomada de decisão: desafios e soluções. Curitiba: InterSaberes, 2015. 365p. **Informação & Sociedade: Estudos**, 26(2). 2016.

VERSPAGEN, Bart. Mapping technological trajectories as patent citation networks: A study on the history of fuel cell research. **Advances in Complex Systems**, v. 10, n. 01, p. 93-115, 2007.

VICENTE, Gemma; BAUTISTA, L. Fernando; RODRÍGUEZ, Rosalía; GUTIÉRREZ, Francisco J; SÁDABA, Irantzu; RUIZ-VÁZQUEZ, Rosa M; TORRES-

MARTÍNEZ, Santiago; GARRE, Victoriano. Biodiesel production from biomass of an oleaginous fungus. **Biochemical Engineering Journal**, v. 48, n. 1, p. 22-27, 2009.

VICENTE, Gemma; BAUTISTA, L. Fernando; GUTIÉRREZ, Francisco J; RODRÍGUEZ, Rosalía; MARTÍNEZ, Virginia; RODRÍGUEZ-FRÓMETA, Rosa A; RUIZ-VÁZQUEZ, Rosa M; TORRES-MARTÍNEZ, Santiago; GARRE, Victoriano. Direct transformation of fungal biomass from submerged cultures into biodiesel. **Energy & Fuels**, v. 24, n. 5, p. 3173-3178, 2010.

VONORTAS, Andreas; PAPAYANNAKOS, Nikolaos. Comparative analysis of biodiesel versus green diesel. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment**, v. 3, n. 1, p. 3-23, 2014.

WANG, Bei; LI, Yanqun; WU, Nan; LAN, Christopher Q. CO2 bio-mitigation using microalgae. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 79, n. 5, p. 707-718, 2008.

WASSERMAN, Stanley; FAUST, Katherine. **Social network analysis: Methods and applications**. Cambridge university press, 1994.

WIPO, World Intellectual Property Organization. 2015. Disponível em: <http://www.wipo.int/>. Acesso em: ago. 2015.

WONG, Carmen K; HO, Samuel S; SAINI, Bandana; HIBBS, David E; FOIS, Romano A. Standardisation of the FAERS database: a systematic approach to manually recoding drug name variants. **Pharmacoepidemiology and drug safety**, v. 24, n. 7, p. 731-737, 2015.

WOUTERS, P. The citation culture. Unpublished doctoral dissertation, **University of Amsterdam**. 1999.

XIAO, Yu; LU, Louis Y.Y; LIU, John S; ZHOU, Zhili. Knowledge diffusion path analysis of data quality literature: A main path analysis. **Journal of Informetrics**, v. 8, n. 3, p. 594-605, 2014.

XIE, Shaodong; ZHANG, Jing; HO, Yuh-Shan. Assessment of world aerosol research trends by bibliometric analysis. **Scientometrics**, v. 77, n. 1, p. 113-130, 2008.

YAMANE, Yasuo; TAKAHASHI, Katsuhiko; HAMADAA, Kunihiro; MORIKAWAA, Katsumi; NUR BAHAGIAB, Senator; DIAWATIB, Lucia; CAKRAVASTIAB, Andi. Developing a plant system prediction model for technology transfer. **International Journal of Production Economics**, v. 166, p. 119-128, 2015.

YAN, Erjia; DING, Ying; ZHU, Qinghua. Mapping library and information science in China: A coauthorship network analysis. **Scientometrics**, v. 83, n. 1, p. 115-131, 2010.

ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleos vegetais. **Revista de Química Industrial**, v. 717, p. 17-26, 2001.

ZHAO, Xingang; LIU, Pingkuo. Focus on bioenergy industry development and energy security in China. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 32, p. 302-312, 2014.

ZHU, Bin; WATTS, Stephanie; CHEN, Hsinchun. Visualizing social network concepts. **Decision Support Systems**, v. 49, n. 2, p. 151-161, 2010.

ZUNIGA, Abraham Damian Giraldo; PAULA, Marcielle Martins; COIMBRA, Jane Selia Dos Reis; MARTINS, Elainy Cristina Alves; SILVA, Donizete Xavier; TELIS-ROMERO, Javier. Revisão: propriedades físico-químicas do biodiesel. **Pesticidas**, p. 55-72, 2011.

.