

ESTUDO PROSPECTIVO SOBRE PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE MATERIAL GRAXO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS COM PRODUÇÃO SIMULTÂNEA DE BODIESEL

Muniquê G. Guimarães¹; Rafael B. W. Evaristo²; Larisse A. Lima³; Thiago L. Fernandes⁴; Julio L. de Macedo⁵; Andreia A. Costa⁶; Patrícia R. S. Braga⁷; Grace F. Ghesti*⁸

^{1,2,3,4,5,6,7,8} Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

RESUMO

O biodiesel é um biocombustível importante para a matriz energética nacional é produzido de diferentes fontes oleaginosas, desempenhando papel importante na produção final do biocombustível. Diante de sua cadeia produtiva e da importância de métodos mais sustentáveis, realizou-se um estudo prospectivo sobre o processo simultâneo de produção de biodiesel visando à condensação das etapas de produção via simultaneidade de extração e respectiva conversão a partir de resíduos agroindustriais oleaginosos. Além disso, tem-se como objeto de estudo a utilização de catálise heterogênea ao sistema, agregando facilidades na separação do produto e do meio catalítico. Neste nicho de pesquisa e desenvolvimento de métodos alternativos para o setor do biodiesel encontram-se poucas patentes e artigos, sendo em sua maioria evidenciados processos em escala laboratorial. Sendo assim, tal tecnologia merece atenção, investimento e desenvolvimento para seu escalonamento, tendo em vista agregar diversos benefícios ao setor, desde a matéria-prima até o processo e distribuição.

Palavras-chave: Biodiesel. Resíduos Agroindustriais. Extração simultânea.

PROSPECTIVE STUDY ON THE PROCESS OF EXTRACTION OF AGRICULTURAL WASTE GRAIN MATERIAL WITH SIMULTANEOUS BODIESEL PRODUCTION

ABSTRACT

Biodiesel is an important biofuel for the national energy matrix is produced from different oil sources, playing an important role in the final production of biofuel. In view of its production chain and the importance of more sustainable methods, a prospective study was carried out on the simultaneous production process of biodiesel, aiming at the condensation of the production stages through the simultaneity of extraction and respective conversion from agro-industrial oleaginous residues. In addition, the object of study is the use of heterogeneous catalysis to the system, adding facilities in the separation of the product and the catalytic medium. In this niche of research and development of alternative methods for the biodiesel sector are few patents and articles, being mostly evidenced processes in laboratory scale. Therefore, such technology deserves attention, investment and development for its scheduling, aiming to add several benefits to the sector, from the raw material to the process and distribution.

Keywords: Biodiesel. Agroindustrial Waste. Simultaneous extraction.

Área tecnológica: Biocombustíveis. Catálise. Energia renovável.

* Autor para correspondência: grace@unb.br

INTRODUÇÃO

Por definição, conforme a RESOLUÇÃO ANP N° 30, de 23/06/2016, biodiesel é todo combustível composto de alquil ésteres de ácidos carboxílicos de cadeia longa, produzido a partir da transesterificação e/ou esterificação de materiais graxos, de origem vegetal ou animal que atenda as especificações contidas neste regulamento (ANP, 2016).

Comparado ao diesel proveniente do petróleo, o biodiesel apresenta diversas vantagens, entre elas ser um combustível de fonte renovável, biodegradável e ambientalmente amigável, uma vez que reduz as emissões de poluentes atmosféricos, reestabelecendo o ciclo do carbono (GHESTI, 2009). Atualmente, já integra de forma expressiva a matriz energética nacional, sendo comercializado em mistura com o diesel de 8% (v/v), com perspectiva de aumento para 10% até 2019. Assim, vem sendo produzido em grande escala em vista de atender a demanda mercadológica e consequente aumento nos próximos anos (ANP, 2017).

Industrialmente, a produção de biodiesel mais rotineira se dá através de reações de transesterificação de materiais graxos. As condições reacionais empregadas em plantas industriais são: razão molar (óleo:álcool) de 1:6, na presença de catalisador básico (NaOH, CH₃ONa ou KOH), em menor tempo e temperatura reacional possível a fim de garantir a conversão exigida pela ANP. Porém, para essa rota produtiva ser viável, é necessária uma matéria-prima refinada e homogênea, fruto de várias etapas de tratamento para garantir a eficiência e qualidade do biodiesel gerado. Caso isso não ocorra, reações paralelas (reações de saponificação) ocorrerão e o biodiesel não atenderá às normas da ANP, não podendo ser comercializado e nem utilizado em motores. (FREEDMAN *et al.*, 1984; VICENTE *et al.*, 2004).

Em contrapartida, com o intuito de aumentar a eficiência da produção, reduzir os custos do biodiesel, eliminar os problemas descritos da catálise homogênea básica e tornar o processo mais ambientalmente recomendável, uma nova tecnologia é proposta. Essa visa a utilização de biomassas residuais, ou seja, produção de biodiesel de 2ª geração, em que utiliza resíduos agroindustriais heterogêneos, como exemplo o caroço de pequi, em um sistema fechado. Assim, a biomassa é inserida em reator e o biodiesel é extraído em outro ponto de coleta do sistema. A matéria prima não entra em contato direto com a reação, apenas entra em contato o solvente que é utilizado também na reação de transesterificação/esterificação simultânea. (GUIMARÃES, 2017).

Nesse novo processo, o emprego de catálise heterogênea é bastante promissor, uma vez que ambos os processos ocorrem em locais diferentes dentro do reator. Com isso, o catalisador pode ser reutilizado, assim como o álcool, e o único subproduto gerado será a água. Esta água vai para a estação de tratamento da própria planta industrial e em seguida reutilizada em trocadores de calor do próprio sistema de extração o qual não é destinado ao sistema de tratamento das estações de saneamento locais. (HASHMINEJAD *et al.*, 2011; LEE *et al.*, 2014).

Ao término o biodiesel é vendido por meio de leilão e encaminhado às distribuidoras conforme normas da ANP vigentes. (ANP, 2017) O resíduo sólido remanescente após a extração por solvente é destinado à produção de ração animal, uma vez que apresenta composição adequada para tal fim. (GUIMARÃES, 2017).

Além disso, a utilização de resíduos agroindustriais que geram problemas ambientais comumente conhecidos, tais como: aumento da emissão de gases de efeito estufa, proliferação de microorganismos patogênicos, contaminação de solo, rios e lençol freático, dentre outros, proporcionam uma rota de tratamento a qual pode gerar um produto que agregará valor ao processo produtivo em questão. Assim, além de atender os preceitos da química verde, agrega benefícios

ambientais e fiscais para as agroindústrias, além de proporcionar novos sistemas inovadores para o setor. (AQUARONE *et al.*, 1975).

Diante do exposto, o objetivo deste artigo foi realizar o estudo prospectivo da produção de biodiesel por meio da extração e produção simultânea utilizando uma fonte oleaginosa. Utilizou-se como base a problemática levantada por (GUIMARÃES, 2017), a fim de realizar um estudo tecnológico e científico avaliando sua maturidade tecnológica frente ao mercado.

METODOLOGIA

O presente trabalho tem como referência principal o estudo desenvolvido na Dissertação de Mestrado “Processo para extração de material graxo de resíduos agroindustriais com produção simultânea de biodiesel via catálise heterogênea” realizado no Laboratório de Bioprocessos Cervejeiros e Catálise Aplicada a Energias Renováveis do Instituto de Química da Universidade de Brasília com ênfase no processo de extração e produção simultânea de biodiesel, a partir do material graxo do caroço de pequi. (GUIMARÃES, 2017) Tal biomassa foi estudada tendo em vista ser um resíduo com grande disponibilidade originado do beneficiamento do pequi, cuja utilização na região Centro-Oeste é bastante expressiva.

O tema da extração de material graxo com produção simultânea de biodiesel é importante na perspectiva de que tal tecnologia gera resultados promissores neste nicho industrial, uma vez que se reduza etapas e conseqüentemente custos. Assim, a prospecção baseou-se no termo generalizado da pesquisa do tema em comparação com o estudo desenvolvida com a biomassa.

Durante o desenvolvimento dos estudos, a metodologia utilizada baseou-se em três perspectivas de prospecção utilizando as bases de dados apresentadas no Quadro 1:

- 1.Tecnológica: realizada por meio de pesquisa de patentes;
- 2.Científica: por meio de pesquisas de artigos relacionados ao tema “biodiesel *and simultaneous*”
- 3.Mercadológica: por meio da qual foi realizada a avaliação da maturidade tecnológica e a capacidade de absorção da tecnologia na atualidade.

Para cada uma das prospecções foram utilizadas, as seguintes bases de dados:

Quadro 1 – Bases de Dados utilizadas.

Science direct
Google scholar
Orbit
Spacenet
Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI)

Fonte: Autoria própria (2017).

Utilizou-se também a ferramenta Orbit da Questel para a reprodução das buscas realizadas e geração de figuras e gráficos específicos a partir dos resultados obtidos.

A metodologia desenvolvida neste estudo se baseou na coleta de informações por meio de títulos e resumos dos documentos de patentes e artigos encontrados, onde foram selecionados todos os documentos que faziam referência ao biodiesel.

No que pertine à utilização de operadores booleanos, o principal utilizado foi "AND" conforme se depreende ("biodiesel and simultaneous"), ("biodiesel and *soxhlet*"), dentre outros mais genéricos, como simplesmente ("biodiesel"). Os termos em inglês foram utilizados em bancos de patentes internacionais.

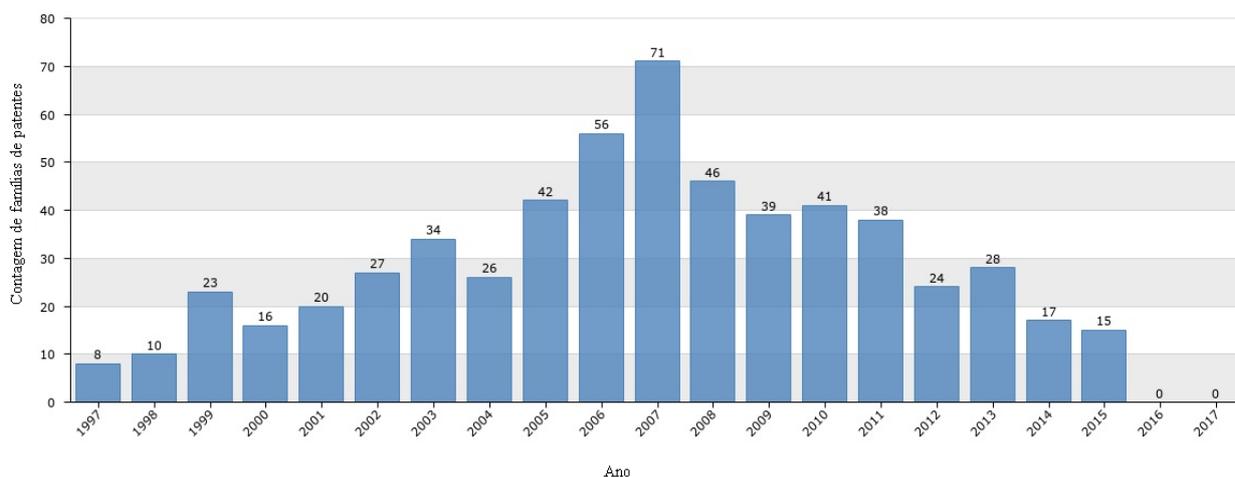
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Quanto a Situação de Mercado do Processo Proposto

Ao se fazer uma busca no site <<https://www.orbit.com/>> foi possível gerar gráficos que discriminam sobre a tecnologia proposta partindo de um âmbito global ("biodiesel") para um específico ("biodiesel and *soxhlet*"), o que pode ser observado nas Figuras de 1 a 3.

Conforme Figura 01 pode-se observar que utilizando a palavra chave biodiesel foram encontradas mais de 700 pedidos de patentes. Observa-se que nos anos de 2006 e 2007, os números foram mais expressivos, com 56 pedidos em 2006 e 71 em 2007. Esse fator se deve a publicação da lei 11.097/2005 em Janeiro de 2005 que dispõe sobre a introdução do Biodiesel na matriz energética brasileira e a obrigatoriedade de mistura de 2% de biodiesel ao diesel convencional. Logo justificase esse aumento de 59% de 2005 para 2007, uma vez que patentes devem ter sido depositadas em 2005 e só foram publicadas após o período de sigilo, 18 meses. (ANP, 2005)

Figura 1 – Quantidade de famílias patentárias na área de biodiesel situado dos anos de 1997 a 2017.



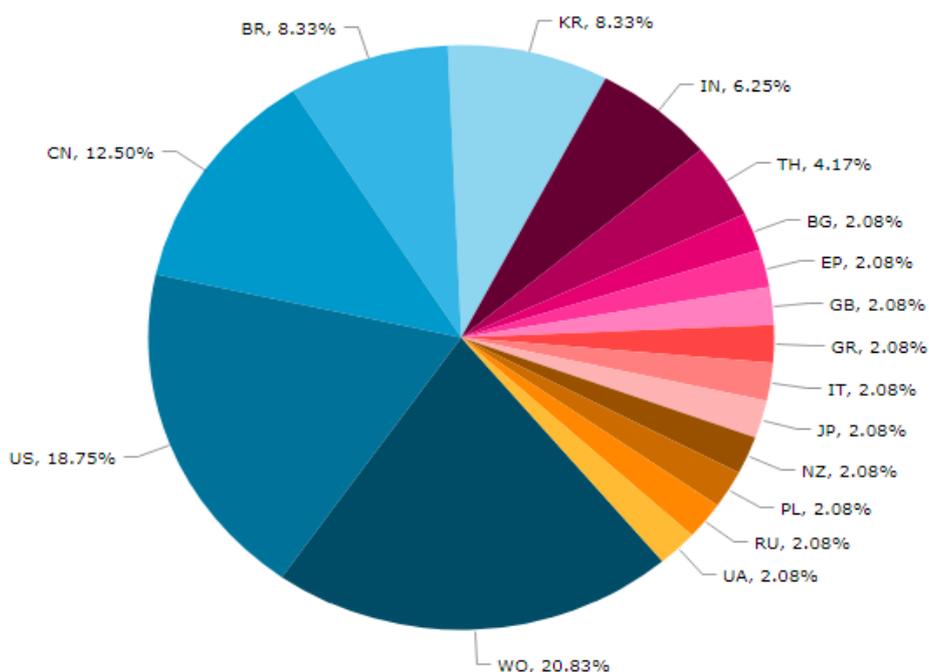
Fonte: ORBIT (2017).

A Figura 02 mostra a porcentagem do quantitativo de patentes de "biodiesel and simultaneous" e percebe-se que a maior produção de pedidos de patente foi por depósito internacional (WO) com 20,83%, seguido dos Estados Unidos da América (US) com 18,75%, China (CN) com 12,50% e diversos outros países, porém em menor quantidade.

É possível perceber que até 2017, 16 países depositaram patente na área supracitada, além dos depósitos internacionais, designado pela sigla WO e que a maioria dos países apresentaram apenas 2,08% nesse seguimento, totalizando 10 dos 16 países representados.

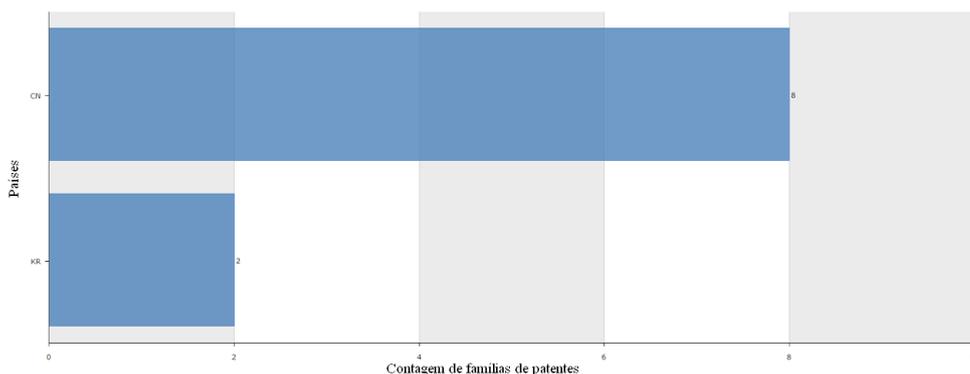
Além disso, WO é definido como solicitações de pedidos de patentes internacionais, ou seja, PCT, esses pedidos não são necessariamente novos pedidos de patente, mas sim depósitos com a mesma unidade inventiva de outros depósitos em outros países.

Figura 2 – Porcentagem do quantitativo de patentes de “biodiesel *and simultaneous*”



Fonte: ORBIT (2017).

Restringindo um pouco mais a pesquisa, a Figura 03 apresentou os países com o quantitativo de patentes na área de “biodiesel *and soxhlet*” com mais depósitos na área. Na China há 8 famílias de patentes nesse seguimento, já a Coreia do Sul há somente duas famílias de patentes. Esses números são poucos, levando em consideração que a legislação dos países asiáticos é muito permissiva quanto a patentes, permitindo depósitos de muitas tecnologias que geralmente não são permitidas no ocidente.

Figura 3 – Quantitativo de patentes na área de “biodiesel *and soxhlet*”

Fonte: ORBIT (2017).

Análise dos Documentos Patentários

A tecnologia de extração do material graxo de fontes oleaginosas e produção simultânea de biodiesel se deu na perspectiva de realizar sua proteção materializada em um processo de pedido de patente. A busca de anterioridade que foi realizada no período de Março de 2016 a Abril de 2017 retornou alguns documentos que se assemelham ao escopo da tecnologia e foram considerados para o comparativo quanto às diferenças em relação ao processo, evidenciando as vantagens desta.

O escopo da pesquisa patentária se faz no âmbito geral da temática, tendo em vista a abrangência de matérias-primas oleaginosas que podem ser utilizadas no processo e as próprias particularidades de cada produção, como é o caso do tipo de catálise a ser empregado.

O pedido de patente PI0600105-0 relata a respeito de um processo de produção de biodiesel a partir de óleos e gorduras vegetais ou animais com ou sem ácidos graxos livres utilizando catalisadores sólidos (heterogêneos) a base de fósforo e metais trivalentes, em que o processo de produção ocorre pela reação de transesterificação empregando catalisadores heterogêneos ácidos sólidos que podem ser recuperados e reutilizados. A tecnologia mencionada também relata que a invenção é capaz de simultaneamente realizar reações de transesterificação e esterificação com um alto grau de conversão, podendo ser utilizado até mesmo matérias-primas gordurosas de origem animal e vegetal, tais quais: óleo de soja, milho, mandioca, girassol, coco, babaçu, algodão, dendê, oliva, linhaça, nabo forrageiro, andiroba, amendoim, colza, gergelim, canola, além de óleos oriundos de frituras ou recuperados de resíduos. (UNICAMP, 2007) O presente processo diz respeito a simultaneidade da extração e produção de biodiesel, que promove maior seletividade e qualidade do material graxo, pois utiliza-se apenas metanol/etanol como solvente de extração. Além disto, os autores apresentam um foco maior ao catalisador e não ao processo em si de obtenção do biodiesel.

O pedido de patente PI0702149-6 relata a respeito do uso de um catalisador heterogêneo em um processo de transesterificação para produção de biodiesel, em que o catalisador pode ser recuperado ao fim do processo e o produto originado possui um alto grau de pureza. Dentre as matérias primas utilizadas para produção de biodiesel a tecnologia menciona que o processo pode ser aplicado tanto a gorduras animais quanto a óleos vegetais. A tecnologia menciona ainda que não exista formação de sabões.(DABDOUB, 2007) O presente processo diz respeito a simultaneidade das reações de transesterificação e esterificação, além do uso de qualquer resíduo agroindustrial oleaginoso. O pedido de patente também não menciona o processo de simultaneidade da extração e produção de biodiesel, além de promover maior seletividade e qualidade do material graxo e o reuso do álcool primário.

GUIMARÃES et al. Estudo prospectivo sobre processo de extração de material graxo de resíduos agroindustriais com produção simultânea de biodiesel.

O pedido de patente PI0702202-6 refere-se a um processo de transesterificação, também conhecida por alcoólise, de óleos e gorduras de origem vegetal ou animal através de catálise de coordenação em meio bifásico utilizando como solventes líquidos iônicos do tipo sal quaternário de amônio ou fosfônio. Os catalisadores utilizados podem ser recuperados ao fim da produção e serem reutilizados, e o álcool também.(UFRGS;UNB, 2009) O presente processo diz respeito a simultaneidade das reações de transesterificação e esterificação, além do uso de qualquer resíduo agroindustrial oleaginoso. O pedido de patente também não menciona a simultaneidade da extração e produção de biodiesel, que promove maior seletividade e qualidade do material graxo, pois utiliza-se apenas metanol/etanol como solvente de extração, já o utilizando simultaneamente na reação de transesterificação/esterificação. Além disto, os autores apresentam um foco maior ao catalisador e não ao processo em si de obtenção do biodiesel.

O pedido de patente PI1004396-9 descreve a produção de biodiesel a partir de triglicerídeos de origem natural onde são reagidos na presença de um catalisador líquido iônico metil sulfonato de N-metil pirrolidônio gerado *in situ* no próprio meio reacional. O glicerol, que é o subproduto desse tipo de reação é reagido com aldeídos e cetonas os transformam em cetal ou acetal, útil como aditivo para o próprio biodiesel. Ao final da reação de transesterificação não é formado sabão, além de se ter uma facilidade de separação do catalisador e do glicerol.(UFSCar, 2012) O presente processo diz respeito a simultaneidade das reações de transesterificação e esterificação, além do uso de qualquer resíduo agroindustrial oleaginoso. O pedido de patente também não menciona a simultaneidade da extração e produção de biodiesel, que promove maior seletividade e qualidade do material graxo, pois utiliza-se apenas metanol/etanol como solvente de extração, já o utilizando simultaneamente na reação de transesterificação/esterificação. Além disto, os autores apresentam um foco maior ao catalisador e não ao processo em si de obtenção do biodiesel.

Análise dos Documentos Científicos

A análise bibliográfica realizada a partir de artigos científicos utilizando extração e produção simultânea de biodiesel resultou em apenas 5 artigos na área. Tal fato vai de encontro com os resultados da prospecção de documentos patentários onde também se encontram em baixo número. Desta forma, são apresentados a seguir os documentos científicos, a fim de compará-los com a tecnologia investigada neste trabalho.

O artigo “*Biodiesel production from wet marine microalgae via a one step direct process in the presence of an adsorbent*” relata a respeito do processo de produção de biodiesel em uma única etapa, sendo feito a partir da extração de lipídios de microalgas simultaneamente a transesterificação dentro de um frasco de vidro, preparando-se um meio reacional na presença de um catalisador homogêneo (ácido sulfúrico), usando um álcool primário na reação (especificamente metanol), e acrescentando um solvente (clorofórmio) e obtendo-se ao final do processo duas fases: uma sendo a mistura do biodiesel com o álcool, sendo que esse álcool pode ser rotaevaporador e utilizado em outras reações e outra fase, ao fundo por ser mais densa, as microalgas com o catalisador, que este pode também ser recuperado e reutilizado.(KWON *et al.*, 2015) No presente invento diz respeito a simultaneidade da extração e produção de biodiesel, que promove maior seletividade e qualidade do material graxo, pois utiliza-se apenas metanol/etanol como solvente de extração, já o utilizando simultaneamente na reação de transesterificação/esterificação. Além disto, a composição da matéria prima pode ser heterogênea, não precisando de um processo anterior de tratamento e a matéria prima não entra em contato direto com a reação geradora de biodiesel, sendo assim facilmente separada e não precisando de um tratamento para a retirada do resíduo e posteriormente para o reuso do álcool e do catalisador.

O artigo “*One-step production of biodiesel from Nannochloropsis sp. on solid base Mg–Zr catalyst*” relata a respeito da produção de biodiesel em uma etapa a partir de microalgas *Nannochloropsis sp.*, utilizando como catalisador uma base sólida de Mg-Zr, que pode ser recuperado no final do processo de produção, utilizando como solvente para extração dos lipídeos uma mistura de metanol-diclorometano em um sistema de *soxhlet* no qual ocorrerá apenas a reação de transesterificação. O rendimento obtido é extremamente baixo (28% de éster metílico). (LI *et al.*, 2011) No presente invento diz respeito a simultaneidade da extração e produção de biodiesel, que promove maior seletividade e qualidade do material graxo, pois utiliza-se apenas metanol/etanol como solvente de extração, já o utilizando simultaneamente na reação de transesterificação/esterificação. Além disto, a composição da matéria prima pode ser heterogênea, não precisando de um processo anterior de tratamento e a matéria prima não entra em contato direto com a reação geradora de biodiesel, sendo assim facilmente separada e não precisando de um tratamento para a retirada do resíduo e posteriormente para o reuso do álcool e do catalisador. O presente artigo também não cita o reuso do álcool e ele se limita a utilizar apenas o metanol na reação, e se restringe apenas a transesterificação, no caso o invento será para reações simultâneas de transesterificação/esterificação.

O artigo “*One-step production of biodiesel from oils with high acid value by activated Mg–Al hydrotalcite nanoparticles*” relata a respeito da produção de biodiesel em uma etapa a partir de óleos com alto valor de acidez (utiliza óleo de soja misturado) sendo catalisado por nano partículas de hidrotalcita e Mg-Al, podendo assim ser recuperado o catalisador ao final da produção. O metanol especificamente utilizado também pode ser recuperado. Porém o processo é realizado em um reator de alta pressão em auto-clave. (WANG *et al.*, 2015) O presente projeto diz respeito a simultaneidade da extração e produção de biodiesel, que promove maior seletividade e qualidade do material graxo, pois utiliza-se apenas metanol/etanol como solvente de extração, já o utilizando simultaneamente na reação de transesterificação/esterificação. Além disto, a composição da matéria prima pode ser heterogênea, não precisando de um processo anterior de tratamento e a matéria prima não entra em contato direto com a reação geradora de biodiesel, sendo assim facilmente separada e não precisando de um tratamento para a retirada do resíduo e posteriormente para o reuso do álcool e do catalisador.

O artigo “*One-step production of biodiesel from rice bran oil catalyzed by chlorosulfonic acid modified zirconia via simultaneous esterification and transesterification*” relata a respeito da produção de biodiesel em uma etapa (duas se for considerar o processo inteiro- extração e em seguida produção do biodiesel) a partir da blenda do óleo da palha de arroz (uso do óleo refinado misturado com ácido oleico) catalisado por ácido clorosulfônico de zircônia modificado, em uma reação simultânea de esterificação e transesterificação em metanol (especificamente) e o reator utilizado é de vidro à prova de gás, com agitação. (ZHANG *et al.*, 2013) O presente artigo apresenta duas etapas no processo, primeiramente faz o tratamento do óleo e em seguida, com o óleo já refinado, realiza a reação de obtenção de biodiesel além de utilização especificamente de metanol. Além disto, a composição da matéria prima pode ser heterogênea, não precisando de um processo anterior de tratamento e a matéria prima não entra em contato direto com a reação geradora de biodiesel, sendo assim facilmente separada e não precisando de um tratamento para a retirada do resíduo e posteriormente para o reuso do álcool e do catalisador.

O artigo “*Evaluation of Soxhlet extractor for one-step biodiesel production from Zanthoxylum bungeanum seeds*” relata a respeito da simultaneidade da extração e produção de biodiesel no mesmo reator. (ZHANG *et al.*, 2015) O presente artigo foi o impasse para que fosse possível a realização do pedido de patente, devido a ele utilizar matéria prima oleaginosa heterogênea e

catalisadores heterogêneos e homogêneos durante o processo de produção de biodiesel, obtendo-se ao final uma conversão de 44%, conforme citado pelo autor.

Análise Quanto ao Potencial Tecnológico

O presente processo se refere ao aproveitamento de matérias-primas oriundas de resíduos agroindustriais com características oleaginosas, visando o processo de extração de óleo com produção simultânea de biodiesel em um mesmo sistema utilizando catálise heterogênea. Assim, a medida que o material graxo extraído entra em contato com o catalisador, as reações de transesterificação e esterificação ocorrem simultaneamente e os ésteres de ácidos graxos (biodiesel) são obtido ao final do processo.

Este produto pode ser utilizado na própria indústria como fonte energética e se atender as normas da ANP, pode ser comercializado ou usado em sua frota de transporte. As grandes vantagens da utilização deste processo são:

Na extração de material graxo com produção simultânea de ésteres de ácidos graxos (biodiesel) seria a redução de etapas e a economia de operações unitárias, além de reciclo de solvente, devido ao sistema ser fechado, e redução das etapas de lavagem posterior ao produto final.

O processo de extração de material graxo de resíduos agroindustriais oleaginosos que é realizado simultaneamente à produção de biodiesel ocorre no mesmo reator de transesterificação, o qual ainda pode simultaneamente realizar a reação de esterificação em função das características do processo.

No processo proposto não há necessidade da etapa preliminar de purificação do óleo e está apto a promover a conversão reacional mesmo que o material graxo possua altos níveis de acidez e composição variada.

Uma secagem do solvente deve ser realizada a fim de evitar a formação de subprodutos (sabão) quando se utiliza a catálise convencional para a produção de biodiesel. Em função disso, emprega-se metanol como reagente o qual garante uma alta conversão de reação apresentando baixo teor de água. Nesse sentido, o metanol é bastante tóxico e mais caro que o etanol para a indústria brasileira, por isso o sistema proposto apresenta ampla vantagem por poder utilizar um álcool verdadeiramente renovável (etanol) e o teor de água e dificuldades na cinética são remediados pelo sistema proposto e pelo catalisador.

Em função do sistema catalítico hoje utilizado pela indústria, é necessário realizar diversas lavagens posteriores e tratamentos a fim de eliminar o catalisador do biocombustível, atender as normas da ANP e não promover corrosão nos motores automotivos. O sistema proposto provoca menos dano à saúde dos operadores, uma vez que o catalisador é sólido, tendo menos risco de escoamento e corrosão, e utiliza outros álcoois (e.g., etanol, propanol, butanol, etc.) com menor toxicidade.

O catalisador pode ser reutilizado, precisando apenas ativá-lo sob aquecimento e o único subproduto gerado seria a água de purificação do sistema. Esta água pode ser direcionada à estação de tratamento da planta industrial. Em seguida, a água tratada pode ser reutilizada em trocadores de calor do próprio sistema de extração ou na primeira etapa para trocadores de calor do moinho/prensa e conseqüentemente não sobrecarregaria o sistema de tratamento das estações de saneamento locais.

O processo proposto gera menos resíduos (e.g., água de lavagem, solventes contaminados, etc.) e pode reaproveitar o álcool utilizado na reação em bateladas posteriores, o que torna o processo mais ambientalmente recomendável.

No proceso proposto, como o solvente de extração é o mesmo da reação de obtenção de biodiesel, não necessita de etapas pré e pós reação, sendo possível utilizar matérias primas de composição

GUIMARÃES et al. Estudo prospectivo sobre processo de extração de material graxo de resíduos agroindustriais com produção simultânea de biodiesel.

heterogênea, pois a matéria prima não entra em contato com o meio reacional, sendo facilmente retirada e substituída por uma nova.

A redução de operações unitárias e o uso de matérias-primas de baixo valor agregado levam a uma economia energética e financeira do processo de produção de biodiesel.

O processo já convencionalmente industrial, no qual se utiliza da destilação a vapor para a retirada dos óleos brutos para em seguida fazer o processo de obtenção do biodiesel, já o processo proposto tudo é realizado em um mesmo sistema reacional, sendo feito em apenas uma etapa.

Avaliação da maturidade tecnológica

Neste nicho de pesquisa de metodologias alternativas para a produção de biodiesel encontram-se poucas referências de patentes e artigos. Sendo em sua maioria, pesquisas de nível laboratorial, ou seja, pequena escala, há a necessidade de investimentos e desenvolvimento para seu escalonamento em nível industrial.

Sendo assim, o processo proposto se enquadra nos Níveis de Preparação de Tecnologia (TRLs) 4, conforme diz Quintella (2017, p.1) uma vez que este é definido como “desenvolvimento tecnológico focado em pesquisa aplicada e onde a transferência de tecnologia tem ainda grande viés acadêmico, porém apresenta potencial de aplicação”. Um exemplo de aplicação é o citado por (GUIMARÃES, 2017), em que o sistema proposto de simultaneidade de extração e produção de biodiesel, no qual o material graxo utilizado na pesquisa apresentou a composição química de 55,2%(m/m) de ácidos graxos insaturados e 40,5%(m/m) de ácidos graxos saturados, além de um índice de acidez de 13,8 mg KOH/ g óleo. Ao final do processo, obteve-se uma conversão de 65% em ésteres etílicos.

Assim, aumentar o investimento desta tecnologia pode proporcionar sua progressão em termos de maturidade tecnológica, possibilitando com que este processo seja passível de transferência tecnológica e atinja nível industrial de larga escala.

CONCLUSÃO

Diante do exposto, conclui-se que mesmo que a tecnologia disposta no presente trabalho não seja passível de proteção em virtude de não apresentar os requisitos de novidade, atividade inventiva e aplicação industrial, essenciais ao processo de patenteabilidade, a transferência de tecnologia, porém, pode ocorrer por meio de contrato de *know how*.

A tecnologia se enquadra em uma TRL 4, a qual necessita de investimento para aumentar seu nível de maturidade tecnológica para que possa ser transferida para o mercado. Além disso, a proposta apresenta potencial para escalonamento, uma vez que os equipamentos propostos para sua execução já são utilizados em indústrias de grande porte, porém para outro fim tecnológico, o que corrobora na aplicabilidade e redução de custos para implementação, além de poder atender os preceitos adotados pela química verde.

REFERÊNCIAS

ANP. Lei (2005). **Lei Nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005**. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/437007.pdf>> Acesso em 12 jul. 2017.

ANP. Resolução 2016. **Resolução ANP nº 30, DE 23 de Junho de 2016**. Disponível em: <www.anp.gov.br/wwwanp/?dw=81898> Acesso em 12 de jul. 2017

GUIMARÃES et al. Estudo prospectivo sobre processo de extração de material graxo de resíduos agroindustriais com produção simultânea de biodiesel.

ANP. Distribuição e revenda 2017. **Leilões de biodiesel**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/distribuicao-e-revenda/leiloes-de-biodiesel>> Acesso em 12 jul. 2017.

AQUARONE, E.; WALTER B.; URGEL A. L. **Biotecnologia: tópicos de microbiologia industrial**. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1975.

DABDOUB, M. J.; DABDOUB, V. M. B.; HURTADO, G. R.; BATISTA, A. C. F.; BORTOLETO, D. A.; BR PI0502795-0. 2005.

ESPACENET [Base de dados – Internet]. European Patent Office; 2017. Disponível em: <<https://worldwide.espacenet.com/>> Acesso em 12 jul. 2017.

FREEDMAN, B. E. H. P.; PRYDE, E. H.; MOUNTS, T. L. Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 61, n. 10, p. 1638-1643, 1984.

GHESTI, G. F. **Preparação e caracterização de catalisadores para produção de biocombustíveis**. 2009. 123 f. Tese (Doutorado em Química). Instituto de Química, Universidade de Brasília, UNB, Brasília, 2009.

GUIMARÃES, M. G. **Processo para extração de material graxo de resíduos agroindustriais com produção simultânea de biodiesel via catálise heterogênea**. 2017. 75 f. Dissertação (Mestrado em Química). Instituto de Química, Universidade de Brasília, UNB, Brasília, 2017.

GOOGLE SCHOLAR [Base de dados – Internet]. 2016. Disponível em: <https://scholar.google.com>. Acesso em 12 jul. 2017.

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.

INPI. [Base de dados – Internet]. Instituto Nacional de Propriedade Intelectual; 2017. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

KWON, M. H.; YEOM, S. H. Biodiesel production from wet marine microalgae via a one step direct process in the presence of an adsorbent. **Biotechnology and Bioprocess Engineering**, v. 20, n. 3, p. 593-598, 2015.

LEE, A. F.; BENNETT, J. A.; MANAYIL, J. C.; WILSON, K. Heterogeneous catalysis for sustainable biodiesel production via esterification and transesterification. **Chemical Society Reviews**, v. 43, n. 22, p. 7887-7916, 2014.

LI, Y.; LIAN, S.; TONG, D.; SONG, R.; YANG, W.; FAN, Y.; QING, R.; HU, C. One-step production of biodiesel from *Nannochloropsis sp.* on solid base Mg–Zr catalyst. **Applied Energy**, v. 88, n. 10, p. 3313-3317, 2011

ORBIT INTELLIGENCE. [Base de dados – Internet]. Orbit Intelligence– Questel; 2017 Disponível em: <<https://www.orbit.com>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

GUIMARÃES et al. Estudo prospectivo sobre processo de extração de material graxo de resíduos agroindustriais com produção simultânea de biodiesel.

QUINTELLA, C. M. 2017. A revista cadernos de prospecção e os níveis de maturidade de tecnologias(TRL). **Cadernos de Prospecção**, v. 10, n. 1, p. 1-2, 2017.

SCIENCE DIRECT [Base de dados – Internet]. Elsevier; 2017. Disponível em: <www.sciencedirect.com> Acesso em 12 jul. 2017.

UFSCar. Fundação Universidade Federal de São Carlos. Alcino Aparecido dos Santos. **Processo de Produção de Biodiesel e de Biodiesel Aditivado**. BR PI1004396-9 A2, 30 mar 2010, 14 fev. 2012. Disponível em: <http://inct.cnpq.br/web/inct-cbip/patentes?p_p_id=informacoesinctportlet_WAR_informacoesinctportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&buscaPublicacao=&startPage=2> Acesso em: 12 jul. 2017

UFRGS;UNB.Universidade de Brasília (Brasília, DF); Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Rio Grande do Sul, RS). Jairton Dupont. **Processo de transesterificação de óleos e gorduras de origem vegetal ou animal empregando sistemas bifásicos**. BR PI0702202-6 A2, 18 jun. 2007, 10 fev. 2009. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/62507>> Acesso em: 12 jul. 2017

UNICAMP. Universidade Estadual de Campinas (Campinas, SP). Ulf Friedrich Schuchardt. **Processo de produção de biodiesel a partir de óleos e gorduras vegetais ou animais com ou sem ácidos graxos livres utilizando catalisadores sólidos a base de fósforo e metais trivalentes**. BR PI0600105-0, 13 jan. 2006, 2 nov. 2007. Disponível em: <http://taurus.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/84538/1/pat_BRPI0600105.pdf> Acesso em: 12 jul. 2017.

VICENTE, G.; MARTINEZ, M.; ARACIL, J. Integrated biodiesel production: a comparison of different homogeneous catalysts systems. **Bioresource technology**, v. 92, n. 3, p. 297-305, 2004.

WANG, Y. T.; FANG, Z.; ZHANG, F.; XUE, B. J.. One-step production of biodiesel from oils with high acid value by activated Mg–Al hydrotalcite nanoparticles. **Bioresource technology**, v. 193, p. 84-89, 2015.

ZHANG, L.; WU, H.; YANG, F.; ZHANG, J. Evaluation of Soxhlet extractor for one-step biodiesel production from *Zanthoxylum bungeanum* seeds. **Fuel Processing Technology**, v. 131, p. 452-457, 2015

ZHANG, Y.; WONG, W. T.; YUNG, K. F. One-step production of biodiesel from rice bran oil catalyzed by chlorosulfonic acid modified zirconia via simultaneous esterification and transesterification. **Bioresource technology**, v. 147, p. 59-64, 2013.