ANÁLISE DOS PROCESSOS DE TRANSESTERIFICAÇÃO E HIDROESTERIFICAÇÃO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

ANALYSIS OF TRANSESTERIFICATION AND HYDROHISTERIFICATION PROCESSES IN BIODIESEL PRODUCTION

LUIZ HENRIQUE ANDRADE **LAGE**[1], RAFAEL TEIXEIRA **GONÇALVES**[1], ULISSES ANDRADE DE **OLIVEIRA**[2], WILLIAM ARGOLO **SALIBA**[2*]

1. Aluno do curso de graduação em Engenharia Química da Faculdade Única de Ipatinga; **2.** Professor do curso de Engenharia Química da Faculdade Única de Ipatinga.

* Rua Salermo, 299, Bethânia, Ipatinga, Minas Gerais, Brasil. CEP: 35164-779. engenhariaquimica@unicaipatinga.com.br

Recebido em 24/01/2019/2019. **Aceito** para publicação em 1803/2019

RESUMO

Os biocombustíveis têm feito parte do cenário brasileiro desde a criação do Programa Nacional do Álcool (Pró-Álcool) em 1974. Seu objetivo era implementar o etanol como combustível a competir com os derivados do petróleo. As características principais dos biocombustíveis são: deriva de fontes renováveis e emitir menos poluição durante sua combustão. Atualmente o biodiesel é um dos biocombustíveis mais pesquisados, graças a sua gama de benefícios em relação ao diesel, como resistência a detonação, maior viscosidade, menor taxa de emissão de dióxido de carbono e combustão completa graças a sua composição por ésteres de cadeia menor, que contém átomos de oxigênio facilitando a sua queima no motor. Como dito, sua forma de extração é advinda de fontes renováveis, presentes nas plantas oleaginosas e na gordura animal. Para transformar os respectivos óleos em biodiesel os processos adotados são a transesterificação (método mais antigo) e a hidroesterificação (método mais atual), ambos resultam no biodiesel, porém cada processo tem etapas distintas. A hidroesterificação é o processo mais atual e apresenta vantagens em relação a transesterificação. O objetivo deste artigo é analisar as vantagens de cada um dos processos, com relação ao seu custo e qualidade do biodiesel, bem como seu subproduto, o glycerol.

PALAVRAS-CHAVE: Biodiesel, hidroesterificação, vantagens.

ABSTRACT

Biofuels have been part of the Brazilian scenario since the creation of the National Alcohol Program (Pro-Álcool) in 1974, Their goal was to implement ethanol as fuel to compete against petroleum derivates its main characteristics are it derives from renewable sources and emits less pollution during its combustion. Currently biodiesel is one of the most researched biofuels, thanks to its range of benefits compared to diesel, such as detonation resistance, higher viscosity, lower rate of carbon dioxide emission and complete combustion thanks to its composition by lower chain esters, which contains oxygen atoms facilitating their burning in the engine. As said, its form of extraction is from renewable sources, present in oil plants and animal fat. In order to transform the respective oils into biodiesel, the processes adopted are transesterification (older method) and hydro-esterification (the most current method), both of which result in biodiesel, but with different steps. Hydroesterification is the most current process and presents advantages in relation to transesterification. The objective of this article is analyze the advantages of each of the processes, in relation to its cost and quality of biodiesel, as well as its by-product, glycerol.

KEYWORDS: Biodiesel, hydroesterification, advantages.

1. INTRODUÇÃO

Os combustíveis têm um papel fundamental na economia mundial. Não seria diferente no Brasil, que possui um potencial nesse mercado devido ao descobrimento do présal (2006) e na produção de biocombustíveis graças à sua extensa área produtiva de oleaginosas, como: algodão, dendê, girassol, amendoim, soja, mamona e a macaúba, além de gorduras de origem animal que também são usadas como matéria-prima na produção de biodiesel. Através dos processos de transesterificação e hidroesterificação o biodiesel é gerado como principal componente e o glicerol como subproduto, tendo uma importância nos setores de farmácia, cosméticos, alimentos e na fabricação de resinas e aditivos[1].

Transesterificação

A Transesterificação é um processo, de caráter reversível, que consiste em transformar um triglicerídeo de cadeia longa em cadeias menores de ésteres na presença de um álcool de cadeia curta e um catalisador. A primeira etapa transforma o triaciglicerídeo em um diglicerídeo. Na segunda parte, a partir dos diglicerídeo se formam os monoglicerídeos e por fim, na última reação, temos a formação da glicerina através do monoglicerídeo formado[19]. Em todas as reações são produzidos ésteres. Os catalisadores mais utilizados são o hidróxido de sódio

(NaOH), conhecido também como soda cáustica, e o hidróxido de potássio (KOH). Para aumentar o rendimento da reação é necessária uma proporção de 1:6 molar, com excesso de álcool, aumentando o rendimento de alquil ésteres e permitindo a formação do glicerol em uma fase separada[1,17].

Existe uma gama de catalisadores possíveis para serem empregadas no processo de transesterificação, sendo eles bases orgânicas (hidróxido de sódio e potássio), ácidos minerais (ácido sulfúrico), enzimas (lipases), resinas de troca iônica e zeólitas, e outros menos utilizados[7,18].

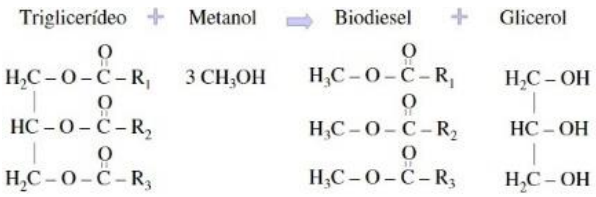

Figura 1. Reação de Transesterificação de um Triacilglicerídeo. **Fonte**: Encarnação, 2008.[4]

Os catalisadores mais comumente utilizados nas indústrias são os ácidos e os alcalinos, sendo a catálise por via básica a mais conhecida atualmente. A reação de transesterificação alcalina é a mais utilizada na indústria, pois trabalha com temperaturas amenas durante todo processo e sua velocidade de síntese supera a catálise por via ácida.

Porém a transesterificação é um processo criado em 1853, pelos cientistas James Duffy e J. Patrick, e o primeiro modelo de motor a diesel foi criado por Rudolf Diesel, em Augsburg, Alemanha, em 1893. Sendo uma técnica antiga, existem algumas limitações em relação a sua aplicação, sendo elas: uso de matérias-primas refinadas, utilização de catalisador homogêneo (não é recuperado), necessita de grandes quantidades de álcool (reagente), gera sabões (saponificação) diminuindo o rendimento da reação, gera glicerina com contaminantes (sabão, álcool, resíduos graxos), fazendo-se necessárias etapas de purificação deste subproduto[2].

Hidroesterificação

Graças ao progresso tecnológico no século XXI, uma nova técnica foi criada: a hidroesterificação, que permite o uso de qualquer matéria-prima graxa (óleo de frituras, borras ácidas de refino de óleos vegetais, óleo vegetal e gordura animal) independentemente de sua acidez ou de sua umidade. A primeira etapa do processo de hidroesterificação consiste em uma hidrólise seguida de uma etapa de esterificação como demonstra a figura 2[3,16].

A hidrólise é uma reação química que ocorre entre a gordura ou um óleo com a água, gerando glicerina e ácidos graxos como produto. O produto final possui uma acidez superior a 99%, demonstrando que a acidez e a umidade da matéria-prima não causam interferência. Sendo assim, a hidrólise aumenta propositalmente a acidez, ao invés de diminuir através de um refino. E ainda se obtém uma glicerina muito mais pura que a advinda da transesterificação, com mostra a figura abaixo[4].

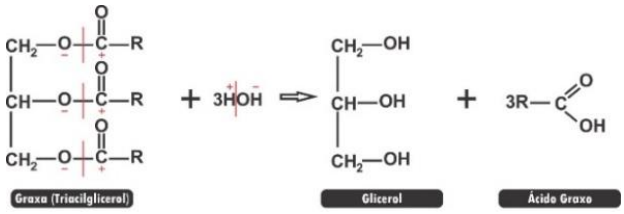

Figura 2. Hidrólise do Triacilglicerídeo. **Fonte:** Química para medicina, 2016.[20]

Após a hidrólise, a glicerina é removida e os ácidos graxos gerados são então esterificados na presença de um álcool que acaba por neutralizar a acidez proveniente da primeira etapa da hidroesterificação como demonstrado na figura 3. A reação de esterificação pode ser catalisada por ácidos de Bronsted ou de Lewis, por catalisados básicos ou por enzimas.

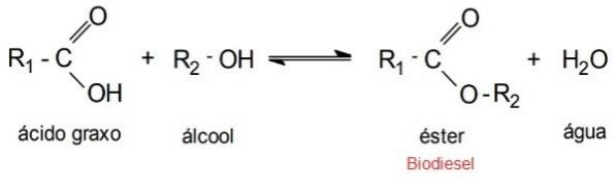

Figura 3. Esterificação do ácido graxo para formação de biodiesel e água. **Fonte:** Encarnação, 2008.[4]

O biodiesel produzido não necessita de etapas de purificação, uma vez que sua pureza é elevada ao final do processo. Ao final da reação, temos como subproduto a água, que retorna para o processo de hidrólise[4].

Existem diferentes formas de catálise durante o processo de produção do biodiesel, sendo elas: catálise enzimática, homogênea, heterogênea, sem catalisador, com condições supercríticas ou subcríticas[2].

Para que a catálise seja homogênea é necessário que o catalisados esteja em solução com pelo menos um do reagente da reação, os ácidos mais adotados para esse processo são: ácido sulfúrico, ácido clorídrico, ácido p-toluenossulfônico, ácido sulfônico e ácido fosfórico. O uso de catalisadores homogêneos tem como desvantagem a dificuldade de separação no meio reacional para serem reutilizados e, além disso, podem ser mais corrosivos e tóxicos do que os materiais heterogêneos[2].

A principal vantagem da catálise ácida é a sua capacidade de realizar a esterificação e a transesterificação simultaneamente. Graças a essa característica, é possível utilizar gorduras e óleos sem tratamento prévio (baixa qualidade) na produção direta do biodiesel, implicando em um menor custo de produção[2].

As características principais a serem analisadas são o custo que cada processo demanda, o rendimento de cada um deles e o seu custo benefício a longo prazo.

Hidroesterificação: aspectos econômicos

Um fator que dificulta a implementação do biodiesel como um combustível independente é o seu alto custo de produção. Atualmente o preço médio por litro de biodiesel é de R$ 2,40, enquanto o diesel custa R$ 1,80 por litro. O alto preço em relação a sua produção é referente as matérias-primas utilizadas para o mesmo, refletindo em um aumento de 50% do seu valor final de produção. Sabendo que a hidroesterificação não necessita do tratamento do produto bruto, podendo ser aplicada em matérias-primas com menor qualidade, surge uma oportunidade para produção viável de biodiesel no país[5].

Segundo Encarnação (2008), metade das gorduras animais, ácidos graxos e óleos residuais possibilita atender mais de 80% da demanda de biodiesel no Brasil. Em especial, o óleo residual apresenta um preço significativamente mais baixo, permitindo a produção de biodiesel mais barato que o óleo diesel.

Uma unidade de hidroesterificação demanda um elevado custo inicial de investimento, cujos valores dependem da tecnologia a ser implementada e da capacidade instalada. Entretanto apresenta vantagens em custos operacionais, uma vez que demanda menor quantidade de insumos, a matéria prima não necessita de pré-tratamento e não requer etapas de neutralização do biodiesel e da glicerina.

O custo de produção de uma planta de biodiesel por transesterificação tem um custo aproximado de US$ 70,00 por tonelada, enquanto a produção de uma planta de hidroesterificação apresenta um custo em torno de US$ 35,00 por tonelada. Em uma planta que produz 100.000 toneladas por ano, representaria uma economia de US$3,5 milhões por ano. Essa economia resultaria no retorno do capital investido em um curto período de tempo[6].

Transesterificação: fatores econômicos

A maior desvantagem em relação a transesterificação é o custo total do processo que está ligado as seguintes etapas: pré-tratamento da matéria-prima, gerando um custo adicional para o processo inicial, além do biodiesel e o glicerol obtidos ao final da reação têm teores significativos de impurezas, sendo assim, novas etapas de purificação são empregadas para que o produto final esteja propício a comercialização. A primeira etapa consiste em separar o glicerol e o biodiesel, por meio da decantação que pode durar de 1 a 8 horas, ou acelerado por centrifugação, porém o biodiesel obtido ainda pode apresentar teores elevados de impurezas quando comparados as concentrações estabelecidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)[7,15].

Para que as impurezas sejam reduzidas, é tradicionalmente empregado o processo de purificação por via úmida, que consiste na utilização de solventes para extrair impurezas da mistura. Sendo o glicerol e o metanol altamente solúveis em água, temos a aplicação de água deionizada como solvente mais comum[7].

Glicerol: destilação e aplicações

Os dois processos estudados resultam no glicerol como subproduto, porém a glicerina resultante do processo de transesterificação tem um teor de impurezas maior, sendo necessárias novas etapas de purificação[8,16]. Primeiro ela passa por um processo de neutralização por ácido clorídrico no misturador. Após a neutralização do glicerol, uma bomba o conduz para um stripping (processo de remoção de um soluto existente em um solvente) de metanol, onde o excesso de álcool é recuperado e a glicerina resultante ainda é denominada bruta, pois contém impurezas como sais e ácidos e uma concentração aproximada de 85% de glicerol. Após a remoção dos sais pelo processo de destilação seu valor agregado aumenta, tornando possível sua comercialização[8,14].

No processo de hidroesterificação a glicerina obtida é muito mais pura quando comparada a transesterificação, pois durante a hidrólise é adotada uma catálise heterogênea ou enzimática, que evitam a formação de sabões e sais. Logo, para que o glicerol alcance um elevado patamar de pureza, não são necessárias várias etapas de purificação[9].

Novas aplicações para o uso do glicerol

Diante dos dois processos, transesterificação e hidroesterificação, que geram uma quantidade significativa de glicerol ao final de seus respectivos processos, faz-se necessário tornar a glicerina um subproduto rentável, essa ação contribui com a minimização de impactos ambientais gerados pelo seu descarte indevido ou acúmulo. Contudo, para se manter uma ampla cadeia produtiva do biodiesel é necessário o desenvolvimento de tecnologias para a valorização do glicerol. Dentre algumas opções temos: a produção de etanol e hidrogênio por processos biotecnológicos, produção de ácido fórmico a partir da oxidação do glicerol, produção de ração para alimentação animal, de propeno para produção de polímeros biodegradáveis, além de outros produtos, como ésteres, acroléina, gás de síntese e epicloridrina[14].

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para comparar os processos de transesterificação e hidroesterificação foram feitas análises de artigos, mestrados e revistas, entre as datas de 2007 a 2018 objetivando uma análise crítica sobre os respectivos processos. De acordo com as revisões realizadas a hidroesterificação apresentou maior vantagem em relação a transesterificação de diversas formas. A seguir serão apresentadas as informações coletadas de forma detalhada afim de provar como o desempenho da hidroesterificação se destaca em relação a transesterificação.

3. RESULTADOS e DISCUSSÃO

Para que os processos possam ser comparados, iremos levar em conta a estrutura de uma planta de

produção, as matérias-primas utilizadas, catalisadores e etapas de refino do produto final.

A figura 4 apresenta o fluxograma do processo de transesterificação.

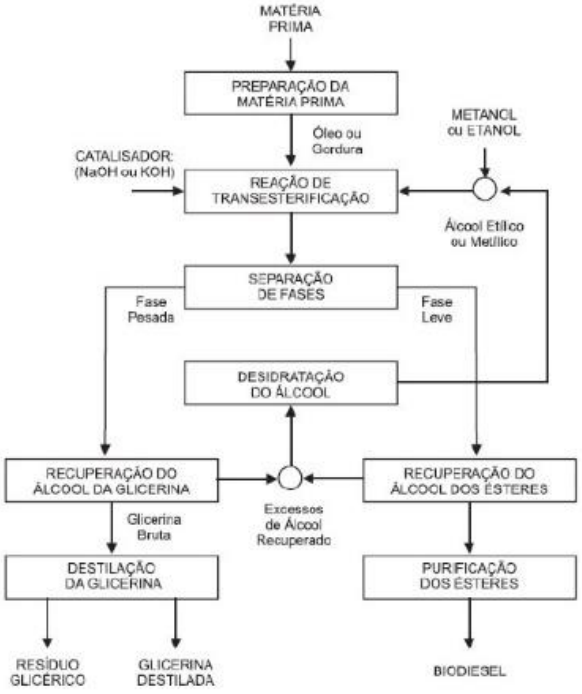

Figura 4. Fluxograma da transesterificação. **Fonte:** Encarnação, 2008.[4]

Como demonstrado, o processo de transesterificação consiste em várias etapas, além da produção e destilação do biodiesel tem-se também o tratamento do glicerol ao final do processo, pois contém impurezas em sua composição, que devem ser removidas para que seu valor agregado aumente e consequentemente esteja apta a comercialização.

Os catalisadores empregados podem ser homogêneos, como hidróxido de sódio, hidróxido de potássio, carbonatos ou óxidos. Porém, utilizando este método a remoção do catalisador ao final do processo se torna difícil além de consumir grandes quantidades de água. A tendência é que a catálise heterogênea passe a ser a mais utilizada por ser mais simples[10].

O processo que utiliza a catálise básica é menos corrosivo e mais eficiente em relação a catálise ácida, sendo assim a mais comumente empregada a nível industrial. Contudo, a presença da água em excesso, necessária para formar mais produto, pode acarretar na formação de sabões (saponificação), gerando um produto indesejado. Caso a transesterificação tenha o sabão em seu produto final, o tempo e o custo para decantação e purificação serão maiores devido a formação de emulsões[10].

A terceira etapa do processo apresentado na figura 4 consiste na separação do biodiesel e a da glicerina. A glicerina é direcionada então para a purificação e é apresentada como fase pesada por ser um subproduto do biodiesel (cerca de 10% do volume de matéria-prima). Os processos de hidrólise e destilação são aplicados a glicerina bruta, pois em sua composição existe o excesso de álcool, utilizado na reação de transesterificação, também temos a recuperação da glicerina contida na glicerina bruta e a retirada dos sais de catalisador (Hidróxido de Sódio - NaOH ou Hidróxido de Potássio - KOH) [13].

A hidroesterificação tem etapas diferentes como demonstra a figura 5. Além de ser uma planta menor, seu custo benefício a longo prazo é extremamente vantajoso, pois o lucro, advindo da remoção das etapas de purificação dos óleos vegetais e animais e também da destilação do biodiesel final, pode ser convertido em investimento para aprimorar ainda mais a técnica de hidroesterificação. Outro fator importante é a utilização de matéria-prima de baixa qualidade, deixando o processo ainda mais econômico em relação a transesterificação.

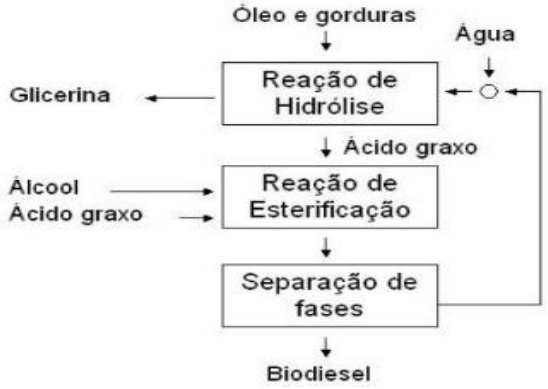

Figura 5. Fluxograma da Hidrólise para produção de biodiesel. **Fonte:** Encarnação, 2008.[4]

Os triacilglicerídeos, contidos no óleo, em presença de água e catalisador, sofrem a hidrólise e liberam ácidos graxos livres e glicerol. Os catalisadores podem ser enzimas lipolíticas, ácidos ou bases. A esterificação é uma reação inversa à hidrólise[3].

Segundo MACHADO (2017) a hidrólise de óleos e gorduras é uma reação de equilíbrio e caracteriza-se por um aumento gradual na velocidade de reação, devido ao aumento da solubilidade de glicerídeos (mono e di) em meio aquoso. Os principais fatores que afetam a hidrólise são: tipos de catalisador, concentração de glicerol liberado na fase aquosa, teor de umidade no meio reacional e a temperatura.

A reação ocorre em estágios simultâneos, porém com velocidades diferentes. Na hidrólise, os triacilglicerídeos são convertidos em di e monoacilglicerídeos, que por sua vez, formam glicerol e ácidos graxos livres. Todas a reações presentes são reversíveis, essa reação é favorecida pelo aumento da temperatura, pois tem o caráter endotérmico. Além disso o aumento da pressão e temperatura favorecem a miscibilidade dos óleos, aumentando assim a taxa de conversão de ácidos graxos livres[11].

Todo biodiesel produzido deve seguir as normas da ANP, elas garantem que o biocombustível esteja dentro dos padrões aceitáveis para que não danifiquem o

motor dos veículos durante sua combustão. A tabela 1 apresenta as especificações que devem ser adotadas para que o biodiesel produzido possa ser comercializado[12].

Tabela 1. Especificações do biodiesel estabelecidas pela ANP.

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE
Aspecto	-	LII
Massa específica a 20º C	kg/m3	850-900
Viscosidade Cinemática a 40ºC	mm2/s	3,0-6,0
Teor de Água, máx.	mg/kg	500
Contaminação Total, máx.	mg/kg	24
Ponto de fulgor, mín.	ºC	100,0
Teor de éster, mín	% massa	96,5
Resíduo de carbono	% massa	0,050
Cinzas sulfatadas, máx.	% massa	0,020
Enxofre total, máx.	mg/kg	50
Sódio + Potássio, máx.	mg/kg	5
Cálcio + Magnésio, máx.	mg/kg	5
CARACTERÍSTICA	**UNIDADE**	**LIMITE**
Fósforo, máx.	mg/kg	10
Corrosividade ao cobre, máx.	-	1
Número de Cetano	-	Anotar
PEFF, máx.	ºC	19
Índice de acidez, máx.	mg KOH/g	0,50
Glicerol livre, máx.	% massa	0,02
Glicerol total, máx.	% massa	0,25
Mono, di, triacilglicerol	% massa	Anotar
Metanol ou Etanol, máx.	% massa	0,20
Índice de Iodo	g/100g	Anotar
Estabilidade à oxidação, mín.	h	6

Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível, 2018.

As normas apresentadas têm um papel fundamental no desempenho do biodiesel durante a sua estocagem e combustão. Os efeitos a seguir são advindos da não conformidade das diretrizes apresentadas[10]:

a) Teor de enxofre e fósforo: Prejudicam os conversores catalíticos durante as reações de transesterificação e hidroesterificação;

b) Aspecto: Identificar visualmente a presença de impurezas, como materiais em suspensão, sedimentos ou mesmo turvação;

c) Glicerina livre e total: É um parâmetro que avalia a eficiência do processo de purificação do biodiesel, pois ao final do processo o biocombustível é misturado ao diesel, porém a glicerina não é miscível e se separa nos tanques de armazenamento. No motor pode causar entupimento dos bicos injetores e emissões de aldeídos;

d) Ponto de fulgor: Para o biodiesel puro o seu ponto de fulgor está em torno de 170ºC, porém, com quantidades mínimas de álcool adicionadas a sua composição, ocorre um decréscimo significado neste valor. É um parâmetro muito importante para a segurança no armazenamento e transporte do biodiesel, principalmente quando a transesterificação ocorre com metanol, que além de altamente inflamável, apresenta elevada toxicidade;

e) Viscosidade cinemática a 40ºC: A viscosidade do biodiesel está relacionada com aumento da cadeia carbônica e seu grau de saturação e tem influência direta durante a combustão gerada no motor. A alta viscosidade gera heterogeneidade na combustão do biodiesel, ocasionando deposição de resíduos nas partes internas do motor;

f) Índice de iodo e estabilidade à oxidação: Está relacionado ao grau de instauração dos alquilésteres presentes e também com a posição das duplas ligações das cadeias carbônicas. Quanto mais insaturações, mais suscetível a molécula estará a degradação térmica e oxidativa, gerando produtos insolúveis que formam deposições no interior do motor e causam entupimento no sistema de injeção;

g) Índice de acidez: É um parâmetro de suma importância em relação a estocagem de biodiesel, pois qualquer variação no valor especificado pode significar a presença de água. A presença de água dificulta a combustão e prejudica as peças do motor, pois a queima não irá gerar a energia esperada e as peças do motor serão oxidadas;

h) Água: Reduz o calor de combustão, gera corrosão nos componentes do motor (tubos de combustível e bombas injetoras); Hidrólise (forma ácidos graxos livres); Formação de cristais de gelo; Crescimento bacteriológico causando entupimento de filtros; corrosão nos pistões;

i) Metanol: Deteriora vedações de borracha e juntas; Pontos de fulgor mais baixo, gerando problemas no transporte e armazenamento; menor viscosidade e densidade e corrosão de peças de alumínio e zinco.

Após analisar ambos os processos de diversas formas, é notável que a hidroesterificação tem algumas vantagens em relação a transesterificação, como demonstra a Tabela 2.

Observando as vantagens apresentadas, com a implementação de novas plantas de hidroesterificação no Brasil, além das já existentes que são: Agricultura e Indústria Ltda. (SGS, Ponta Grossa – PR), Indústria Campineira de Sabão e Glicerina (ICGS, Campinas – SP) e a Irgovel (Pelotas – RS) o país tende a crescer financeiramente e proporciona a chance de o biodiesel ser tão presente no mercado de combustíveis quanto o etanol e gerar novos empregos e rentabilidade, tornando o Brasil uma potência ainda maior na produção de biocombustíveis.

O que torna esse processo de mudança difícil é a falta de investimento em tecnologias voltadas para produção de biodiesel, pois grande parte das indústrias

mantém o processo de transesterificação como primário, mesmo sabendo que a hidroesterificação é extremamente mais vantajosa a longo prazo.

Tabela 2. Comparativo entre Hidroesterificação e Transesterificação.

HIDROESTERIFICAÇÃO	TRANSESTERIFICAÇÃO
Facilidade para ampliação da capacidade da unidade produtiva	Pouca disponibilidade para ampliação da capacidade produtiva
Grande simplicidade de operação (poucos operadores)	Requer grande quantidade de operadores
Poucos equipamento e baixo índice de manutenção	Muitos equipamentos e requer manutenção especializada
Não requer tratamento de efluentes, pois não contém resíduos sólidos	Requer tratamento de efluentes
Custo operacional 50% menor, permitindo retorno do capital em menor tempo, e justifica o maior investimento	Alto custo de produção
A glicerina obtida pode ser adicionada in natura em farelos ou rações	A glicerina obtida está contaminada com metanol e não pode ser utilizada sem tratamento
Alta pureza da glicerina obtida, com baixo custo de purificação	Glicerina com contaminantes: sabão, sal, álcool, resíduos graxos que são difíceis de separar
Maior pureza no biodiesel obtido, sem necessidade de lavagem, sendo ainda totalmente aproveitada	Gera sabões, o que afeta o rendimento da produção e dificulta a separação de biodiesel/glicerina
Utiliza pequena quantidade, em excesso, de reagente (álcool)	Necessita de grandes quantidades de reagente são necessários (álcool)
Maior velocidade de reação, capacidade produtiva maior	Menor velocidade de reação, capacidade produtiva menor
Utiliza catalisador heterogêneo (o catalisador é totalmente recuperado)	Utiliza catalisador homogêneo (o catalisador não é recuperado)
Uso de qualquer tipo de matéria prima graxa, com qualquer acidez e umidade (custo mais baixo)	Uso de matérias primas refinadas, com acidez (0,1mg NaOH/g, máx.) e umidade (0,1% v/v, máx.) (elevado custo)

Fonte: Santos, 2015.

Em relação ao processo de hidroesterificação temos como as principais vantagens: utilização da água em todo processo e sua reciclagem e a utilização de um catalisador heterogêneo (pode ser recuperado ao final do processo). Enquanto a transesterificação utiliza o triacilglicerídeo reagindo com metanol que tem diversas desvantagens como: alta toxicidade, custo elevado para ser produzido, deriva do gás natural e é atualmente importado. Além do produto (biodiesel) e seu coproduto (glicerina) serem formados com um teor de impurezas maior, o que torna necessário novas etapas de refino até se tornarem produtos finais.

4. CONCLUSÃO

Diante das informações expostas, conclui-se que a hidroesterificação se mostrou um processo mais vantajoso de diversas formas: mais econômico a longo prazo, utiliza a água em todo seu processo e demanda menor quantidade de manutenção, sendo assim, sua implementação no ramo industrial levaria a um progresso considerável na produção de biodiesel no Brasil. Além do ganho financeiro, existem também as vantagens relacionadas à melhoria da tecnologia, pois a hidroesterificação é uma técnica recente e que ainda pode ser aprimorada. Com investimentos na área de Engenharia Química com intuito de melhorar o processo de obtenção do biodiesel, tem-se uma oportunidade para que esse biocombustível se torne mais relevante no mercado e tenha papel fundamental dentro da economia do país.

REFERÊNCIAS

[01] Delai, J.M.; et al. Biodiesel: uma análise da produção no Brasil, Artigo Científico. Acta Iguazu, Cascavel, v.3, n.1, p. 109-123. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, Paraná, 2014.

[02] Santos, L.K.; et al. Estado Da Arte Da Aplicação Do Processo De Hidroesterificação Na Produção De Biodiesel A Partir De Matérias-Primas De Baixa Qualidade. Artigo Científico. Principa, n.28, João Pessoa. Universidade Estadual de São Paulo. São Paulo, São Paulo, 2015.

[03] Machado, S.A. Produção De Biodiesel A Partir Do Óleo De Macaúba Com Alta Acidez Empregando Processo De Hidroesterificação. Doutorado. Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. Lorena, São Paulo, 2017.

[04] Encarnação, A.G.; Geração De Biodiesel Pelos Processos De Transesterificação E Hidroesterificação, Uma Avaliação Econômica. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

[05] Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Biodiesel pode tornar o Diesel mais barato. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2945806/biodiesel-pode-tornar-diesel-mais-barato>. Acesso em: 01 de outubro de 2018.

[06] Lima, L.L.; Produção de biodiesel a partir de hidroesterificação dos óleos de mamona e soja. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

[07] Cavallari, P.I.; Avaliação dos processos de purificação do biodiesel por via seca. Trabalho de Conclusão de curso. Universidade de São Paulo – Escola de engenharia de Lorena. Lorena, São Paulo, 2012.

[08] Lopes, A.P; et al.; Purificação de Glicerina Residual Obtida na Produção de Biodiesel a Partir de Óleos Residuais. Artigo Científico. Rev. Virtual Química. 2014; 6(6):1564-1582. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, Paraná.

[09] Mendes, D.B.; Serra, J.C. Glicerina: uma abordagem sobre a produção e tratamento. Artigo. Universidade Federal do Tocantins. Palmas, Tocantins. 2012.

[10] Lôbo, I.P.; Ferreira S.L. Biodiesel: Parâmetros de qualidade e métodos analíticos. Artigo. Revista Química Nova, Ilhéus – BA. 2009; 32(6):1596-1608.

[11] SATYARTHI, J.K. et al. Hidrolysis of vegetable oils and fats acids over solid acird catalysts. Applied Catalysis A: General. 2011:391:427-435.

[12] Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis: agosto de 2016. Disponível em <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel>.Acesso em: 02 de outubro de 2018.

[13] Mendes, D.B.; Serra, J.C. Glicerina: uma abordagem sobre a produção e tratamento. Revista Liberato, Novo Hamburgo. 2012; 12(20).

[14] Santos, T.M.; Pereira D.F.; Silva G.F. Purificação da glicerina bruta obtida a partir da produção de biodiesel. Artigo. Revista Engenharia Ambiental – Espírito Sando do Pinhal. 2013; 10(4):131-147.

[15] Meneghetti, S.M.P.; Meneghetti, M.R.; Bryto, Y.C. A Reção de Transesterifcação, Algumas Aplicações e

Obtenção de Biodiesel. Artigo. Revista Virtual Química. 2013; 5(1):63-73.

[16] Lacerda J.G.P. Biodiesel de óleo de fritura via hidroesterificação utilizando vermiculita como catalisador heterogêneo. Pós-graduação. Universidade Federal de Campina Grande. Pombal – Paraíba. 2018.

[16] Souza, F.J.C. Purificação da glicerina obritida como coprodutos na produção de biodiesel com óleo de soja refinado. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba – Paraná. 2013.

[17] Silva, N.L. Produção de Biodiesel: processo de caracterização. Doutorado. Faculdade de Engenharia Química. Campinas – São Paulo, 2010.

[18] Silva, A.A, et al. Síntese e caracterização de biodiesel de sebo bovino e de sua mistura B10. Artigo. Orbital: Electronic Journal of Chemistry. 2015; 7(1):21-27.

[19] Santos, A.F.X. Catalisadores Heterogêneos para a Produção de Biodiesel: Metanólise do Óleo de Soja sobre a Hidrotalcites de Magnésio e Alumínio Modificadas. Mestrado. Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa – Portugal. 2007.

[20] Química para medicina. O óleo de Lorenzo. 2016. Disponível em: <http://quimica-para-medicina.blogspot.com/2016/10/assunto-o-oleo-de-lorenzo-material.html>. Acesso em 04 de outubro de 2018.