



DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE ÁGUAS DE EFLUENTES DE BIODIESEL DE GIRASSOL

Anatúzia dos Santos Costa¹, Marta Maria da Conceição², *Denise Domingos da Silva¹

¹Universidade Federal de Campina Grande - Lab. de Biocombustíveis e Química Ambiental. – UABQ/CES- ²Universidade Federal da Paraíba.

* email para correspondência:dedomingos@ufcg.edu.br

Resumo

O presente estudo tem por objetivo determinar propriedades físico-químicas de águas de efluentes de biodiesel, visando uma melhor qualidade de efluente para possíveis descartes em corpos hídricos. Entre as medidas foram incluídas medidas de pH, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais, análise de teor de óleos e graxos dos efluentes de biodiesel. A síntese para produção do biodiesel foi realizada pela rota metílica e catálise básica convencional utilizando-se o álcool metanol, catalizador KOH e o óleo de girassol. Após a produção do biodiesel iniciou-se o processo de purificação através das lavagens, considerando que a etapa de lavagem do biodiesel é uma das mais importantes, e posteriormente a caracterização e tratamento dessas águas. Esses efluentes foram analisados para verificar se estavam dentro dos padrões da CONAMA para o descarte de efluentes no meio ambiente. Os resultados indicaram que os parâmetros de turbidez e o pH da 4ª amostra do efluente, os sólidos totais e a 4ª amostra do teor de óleo e graxas estão dentro dos padrões da CONAMA.

Palavras-chave: Biodiesel, Água de lavagens, Girassol.

Abstract

The present study aims to determine the physico-chemical properties of effluent waters of biodiesel, aiming at a better effluent quality for possible discards in water bodies. Measurements included pH, turbidity, electrical conductivity, total solids, analysis of oil and grease content of biodiesel effluents. The synthesis for biodiesel production was carried out by the methyl route and conventional basic catalysis using alcohol methanol, KOH catalyst and sunflower oil. After the production of biodiesel the process of purification through the washes began, considering that the stage of washing the biodiesel is one of the most important, and later the characterization and treatment of these waters. These effluents were analyzed to verify if they were within the standards of CONAMA for the disposal of effluents in the environment. The results indicated that the turbidity parameters and the pH of the 4th effluent sample, the total solids and the 4th sample of the oil and grease content are within the CONAMA standards.

Keywords: Biodiesel, Washing water, Sunflower.

1 Introdução

O biodiesel pode ser produzido a partir de óleos vegetais e gordura animal através da reação de transesterificação com álcoois de cadeia curta, como metanol e o etanol. Esses óleos, compostos principalmente por triglicerídeos, ao reagirem com o álcool na presença de um catalisador produzem ésteres, glicerina como subproduto, além de mono e diglicerídeos como intermediários numa seqüência de três reações (MA e HANNA, 1999). A fase mais densa é composta por glicerina bruta, excessos de álcool, água e impurezas inerentes ao óleo, enquanto que a fase menos densa constitui-se de uma mistura de ésteres etílicos ou metílicos. Segundo Felizardo (2003), por razões técnicas e econômicas, as indústrias utilizam com maior frequência o metanol no processo de produção do biodiesel, mas este álcool tem como desvantagens o fato de ser sintetizado a partir de fontes não renováveis, ter alta toxicidade, além de o Brasil não possuir auto-suficiência na sua produção.

Após a reação para produção do biodiesel é necessário efetuar a purificação do biodiesel que possui três etapas: decantação, lavagem e secagem. No processo de lavagem do biodiesel são retiradas impurezas presentes no meio como o catalisador, o excesso do álcool utilizado na reação, a glicerina livre residual, sais de ácidos graxos; tri, di e monoglicerídeos de maneira a atender as especificações regulamentadas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível através da Resolução 42 (PARENTE 2003). Segundo a Lei nº 11.097/05, biocombustível é definido como um combustível proveniente de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna ou, conforme regulamento para outro tipo de geração de energia que possa substituir parcial ou totalmente, combustível de origem fóssil. A emissão de CO₂ a partir da queima de combustíveis fósseis tem causado um aumento do efeito estufa, marcada como causa das intensas alterações climáticas nos últimos anos. Essas alterações climáticas são uma realidade em todo o mundo e a sua grandeza e rapidez são cada vez mais evidentes. É necessário que todos os setores se adaptem e restrinjam as emissões (AEA, 2015).

2 Características dos biocombustíveis

2.1 Biocombustíveis

Biocombustíveis são derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural usados em motores ciclo diesel automotivos (de caminhões, tratores, camionetas, automóveis etc.) ou estacionários (geradores de eletricidade, calor etc.). Há dezenas de espécies vegetais no Brasil das quais se podem produzir o biodiesel, tais como mamona, dendê (palma), girassol, babaçu, amendoim, pinhão manso e soja, dentre outras (Figura 1). Este tipo de combustível renovável é pesquisado desde o início do século 20, principalmente na Europa. Eles estão presentes no cotidiano do brasileiro há mais de 80 anos. Entretanto, foi na década de 1970, após a primeira crise do petróleo, que sua produção e uso ganharam grande dimensão. Na época, foi criado o Pro-Álcool, que introduziu o etanol de cana-de-açúcar em larga escala na matriz de combustíveis brasileiro (SOUTO, 2011).

2.2 Biodiesel

O Biodiesel é definido como uma mistura de ésteres monoalquílicos de ácidos graxos de cadeia longa, proveniente de óleos vegetais ou gordura animal e obtido por diferentes processos, tais como o craqueamento, a transesterificação e a esterificação. Segundo a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2006, biodiesel é um “biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil” (BRASIL, 2006)

O biodiesel é um forte candidato para substituir os combustíveis fósseis, pois além de apresentar características geralmente semelhantes a estes, possui uma série de vantagens em termos ambientais tais como: ser derivado de plantas e não do petróleo e como tal, não é tóxico e provêm de fontes renováveis; é biodegradável; os produtos da combustão reduzem os níveis de emissões de partículas como óxidos de carbono e de enxofre (AL-ZUHAIR et al., 2006). Além desses fatores, o biocombustível pode trazer benefícios

incalculáveis para a economia, como o aumento na geração de emprego e renda no país. O ciclo de vida dos bicompostíveis, o biodiesel obedece ao esquema representado pela Figura 1.

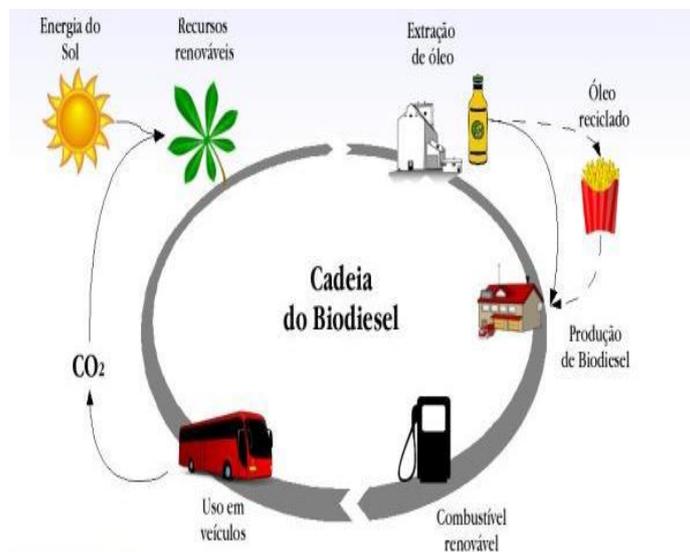


Figura 1: Ciclo de vida do bicompostível

Fonte: <http://www.google.com.br/imagens>

2.2.1 Matéria prima

A matéria prima para produzir o biodiesel podem ser obtida dos lipídeos (óleos e gorduras) provenientes de plantas oleaginosas como soja, mamona, dendê, milho, girassol, sementes de maracujá, ou até mesmo óleos vegetais já utilizados, oriundos de restaurantes, hotéis industriais e residências como também pode ser obtido de gordura animal (ESCOBAR et al, 2009).

2.2.2 Óleo de girassol e suas características.

Segundo Silva (2015), o girassol (*Helianthus annuus L.*), planta da família *Compositae*, é nativo da América do Norte e, até o século XVII, foi cultivado como planta ornamental e medicinal. Atualmente, o girassol é cultivado em todos os continentes, em áreas que atingem aproximadamente 18 milhões de hectares. No Brasil a produção de girassol e o consumo do óleo vêm crescendo significativamente nos últimos anos (NIMET et al., 2011). A semente de girassol possui cerca de 47% de material graxo em sua composição. Depois de prensada a semente de girassol pode render de 35-45% de conteúdo médio

de óleo. Uma das principais características do girassol é a facilidade do seu processamento, as sementes de girassol são processadas inteiras e à temperatura ambiente. Isso é possível devido à rotação relativamente alta, aliada ao teor de cascas das sementes o que produz atrito, aquecendo o grão dentro da máquina (uma prensa) facilitando a extração do óleo (OLIVEIRA, 2004).

3 ÁGUA

3.1 A água na purificação do biodiesel

É durante a etapa de purificação do biodiesel que são retirados resíduos de glicerina, sabões e ácidos graxos. Essa purificação é feita pela lavagem do produto, seguida por filtração e secagem do biodiesel. Assim, as águas de lavagem contêm basicamente resíduos de sabões de sódio ou potássio, além dos ácidos graxos, glicerina, alcoóis (metanol ou etanol) e outros contaminantes (NOUREDDINI, 2001).

3.2 Efluentes do Biodiesel e o Meio Ambiente

O biodiesel é considerado ambientalmente limpo, entretanto, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), em 2002, alertava para o fato de taxa de emissão de NOx (também responsável pelas chuvas ácidas) pode aumentar entre 10% a 20%, dependendo da composição química do biodiesel em relação ao diesel comum (VICHI e MANSOR, 2009). Diversos problemas ambientais ocorrem quando se faz uso de metanol na síntese do biodiesel, que produz resíduos tóxicos na etapa de lavagem. Desta forma, a água do efluente, proveniente da lavagem do biodiesel, é um efluente rico em metanol, além de outros subprodutos, que são descartados sem nenhum tipo de tratamento contaminando o solo e os lençóis freáticos.

O impacto ambiental causado por este tipo de efluente é de avaliação difícil, por causa da variedade de compostos oriundos da matéria-prima, reagentes, produtos e subprodutos do processo (GRANGEIRO, 2009). Segundo De Boni et al., (2007), em geral, as águas resultantes do processo de

biodiesel, se apresentam quimicamente inadequadas para serem lançadas a qualquer corpo hídrico.

Para a avaliação do impacto e da eficácia das medidas de controle, é necessária a quantificação das cargas poluidoras afluentes ao corpo d'água. De acordo com a Resolução nº430, de 13 de maio de 2011, do CONAMA, o art.3º diz:

Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta resolução e em outras normas aplicáveis (CONAMA, 2011).

O tratamento físico-químico é a opção mais indicada nas indústrias que geram resíduos líquidos tóxicos, inorgânicos ou orgânicos não biodegradáveis. As águas de lavagem ou agente de purificação, segundo De Boni (2008), são as águas de arraste resultantes da adição da água usada para lavar/purificar o biodiesel. Portanto, é um resíduo (efluente) com alta carga poluidora orgânica, pois a água extrai, em função da sua maior afinidade, as impurezas, ou seja, tudo o que não reagiu e ficou contido no biodiesel produzido. As águas de lavagem são compostas por uma mistura de sabão (sais orgânicos), glicerina, ácidos graxos (tri-, di- e mono glicerídeos), traços de metanol, traços do catalisador, cátions metálicos e outros produtos hidrossolúveis que ainda estejam presentes (GOLDANI et al., 2008).

3.3 Parâmetros Selecionados para Caracterização Físico-Química das Águas de Lavagem

Os parâmetros físico-químicos das águas de lavagem foram selecionados e realizados de acordo com Resolução nº 430/2011 do CONAMA, sendo estes: pH, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais, óleos e graxos.

3.3.1 Medidas de pH

O pH, é a medida da quantidade de prótons H^+ presentes em solução, indicando a acidez, alcalinidade e neutralidade do meio determinado por sólidos e gases dissolvidos. O valor do pH, influenciará nos sistemas aquáticos apresentando características corrosivas, causando alterações na taxa de crescimento de microrganismos aquáticos. (MACEDO, 2002; BAIRD, 2002).

3.3.2 Turbidez

O método é baseado na comparação da intensidade de luz espalhada pela amostra em condições definidas, com a intensidade da luz espalhada por uma suspensão considerada padrão. Quanto maior a intensidade da luz espalhada maior será turbidez da amostra analisada. O turbidímetro é o aparelho utilizado para a leitura, este aparelho é constituído de um nefelômetro, sendo a turbidez expressa em unidades nefelométricas de turbidez (NTU). O nefelômetro consta de um fonte de luz, para iluminar a amostra e um detector fotoelétrico com um dispositivo para indicar a intensidade da luz espalhada em ângulo reto ao caminho da luz incidente. A turbidez é caracterizada pela alteração da penetração da luz pelas partículas em suspensão, que provocam a sua difusão, quantificando a medida de partículas constituídas por plâncton, bactérias, coloides, fontes de poluição que lançam materiais finos e outros (MACEDO, 2007).

3.3.3 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica determina a quantidade de íons dissolvidos na solução, indicando a capacidade da água natural de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas que dissociam em ânions e cátions, por consequência, diretamente proporcional à concentração iônica (LIBÂNIO, 2010)

3.3.4 Sólidos totais

A quantificação total de sólidos contidos na água é um fator de suma importância a ser analisado. Portanto, o teor de sólidos deve ser baixo, teores de sólidos elevados de minerais na água são indesejáveis para o uso industrial

da água e causam problemas a saúde humana. (AZEVEDO NETO e RICHTER,1991). Com exceção dos gases dissolvidos, todas as impurezas da água contribuem para a carga de sólidos presentes nos recursos hídricos (MACEDO, 2007).

3.3.5 Óleos e graxas

A caracterização de óleos e graxas é de extrema importância e essas substâncias estão presentes em gorduras, ésteres, entre outros, sendo raramente encontrados em águas naturais. Podem ser provenientes de despejos e resíduos industriais, postos de gasolina, esgotos domésticos entre outros. Os despejos de origem industrial são os que mais contaminam o meio ambiente devido ao aumento de matérias graxas nos corpos d'água. Um dos fatores importantes é que a presença de óleos e graxas diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo dessa forma, a transferência do oxigênio da atmosfera para a água. Em processo de decomposição a presença dessas substâncias reduz o oxigênio dissolvido elevando a demanda química de oxigênio causando problemas irreparáveis ao ecossistema aquático (GRANGEIRO, 2009).

4 Metodologia

A obtenção do biodiesel foi realizada a partir de óleo de girassol (marca Salada) no Laboratório de Bicomcombustíveis e Química Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, Campus de Cuité-PB.

4.1 Sínteses do biodiesel metílico de óleo de girassol

A síntese procedeu conforme ilustrado na figura 2.

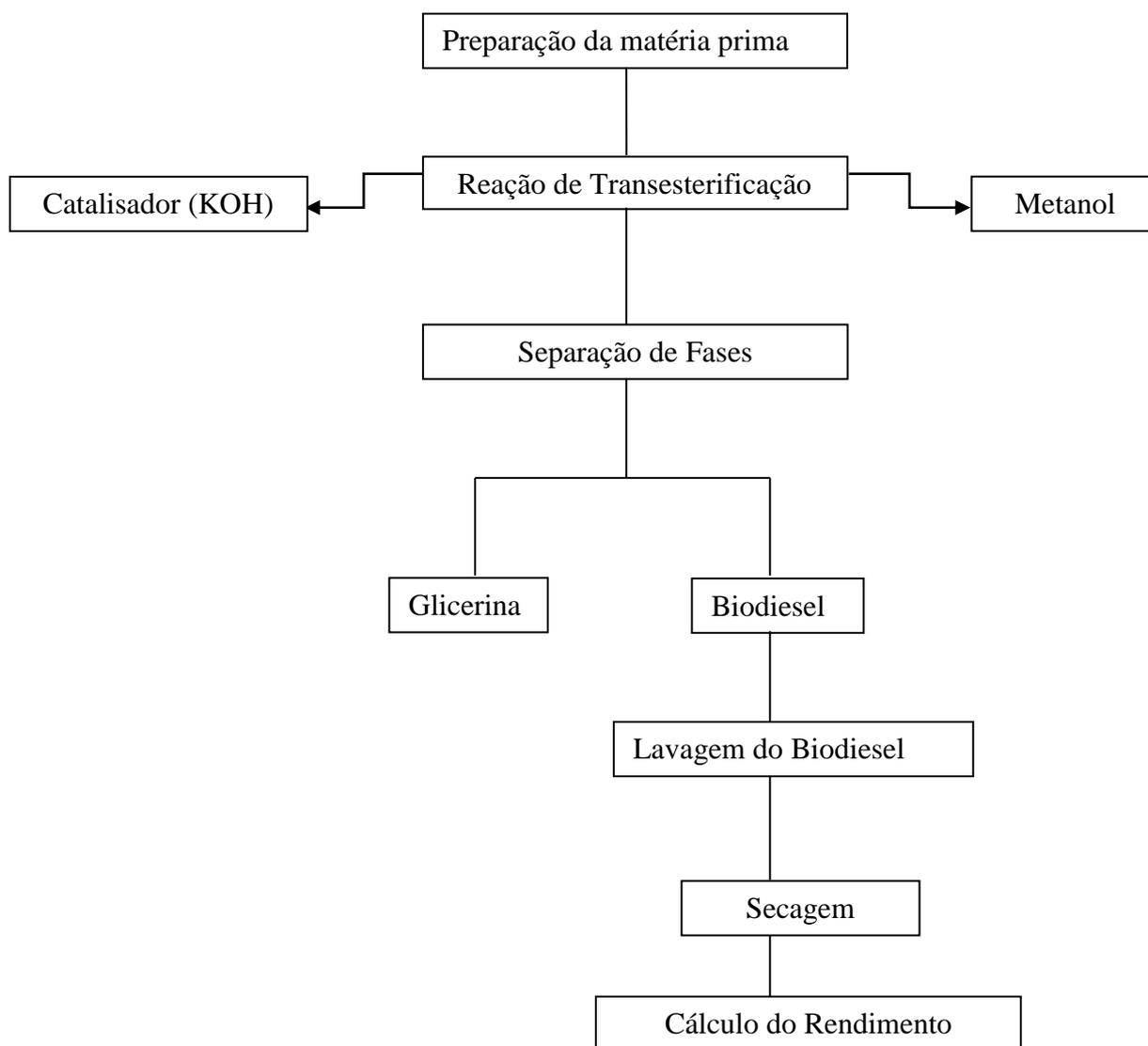


Figura 2: Fluxograma da Síntese do Biodiesel

Fonte: Dados da pesquisa

A figura 3 mostra o processo de pesagem dos reagentes até a reação de transesterificação.

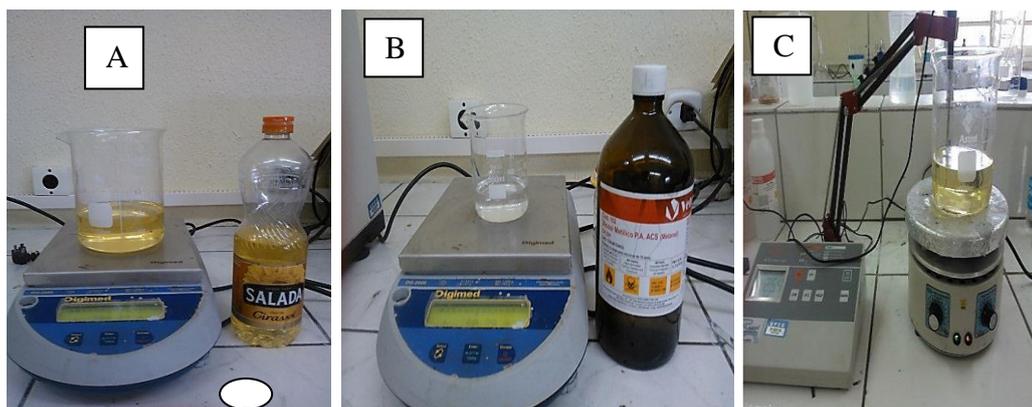


Figura 3: Processo de pesagem dos reagentes até a reação de transesterificação.

Fonte: Dados da pesquisa

A figura 4 é referente à formação do biodiesel e da glicerina.

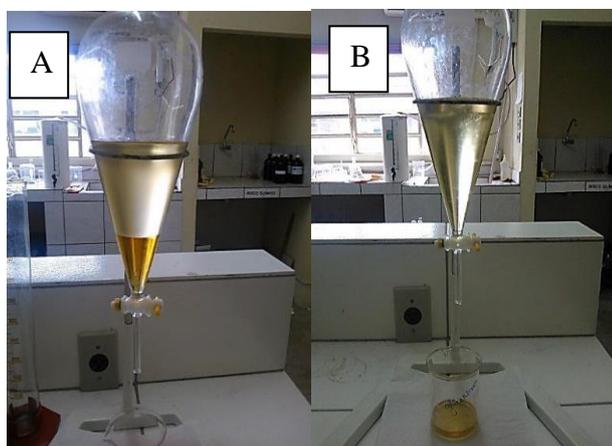


Figura 4: A- (Biodiesel+ glicerina) / B-(Glicerina)

Fonte: Dados da pesquisa

Depois de realizar a síntese do biodiesel iniciou-se as lavagens do mesmo para coleta das amostras de água para análises de medidas de pH, turbidez, sólidos totais, teores de óleos e graxas. Para as análises das propriedades físico-químicas de águas de biodiesel, após cada coleta, as amostras foram identificadas pelos números de 1 a 4 como mostra a figura 5.



Figura 5: Frascos para coleta das amostras.

Fonte: Dados da pesquisa.

4.2 Procedimentos para coleta das amostras

A limpeza dos frascos foi de grande importância para impedir a introdução de contaminação nas amostras e dessa forma evitar erros provenientes do processo de amostragem. Cada coleta foi armazenada em frascos escuros (cor âmbar) com capacidade para 1000 mL previamente higienizada, e mantida em refrigeração. A Figura 6 mostra o Processo de lavagem da 1^a(A) e 3^a(B) água do biodiesel.

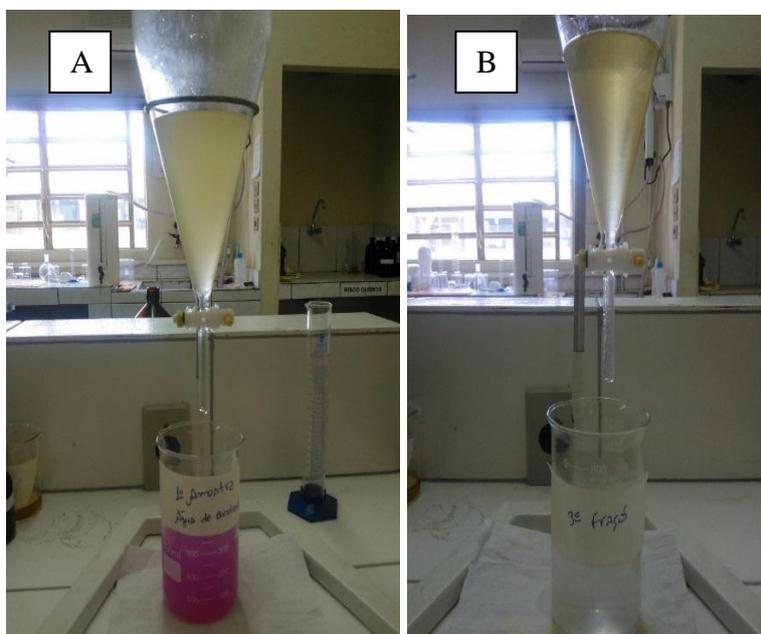


Figura 6: Processo de lavagem da 1^a(A) e 3^a(B) água do biodiesel

Fonte: Dados da pesquisa

4.3 Sólidos totais

Foram colocados 50 mL de água em balões, em seguida levado a uma chapa aquecedora para evaporação, e posteriormente colocou-se na estufa por 2 horas. Após retirar os balões verificou-se a presença de resíduos depositados no fundo dos balões. Esses resíduos foram pesados para comparar as diferenças dos valores nas amostras de água.

5 Resultados

5.1 Medidas de pH

As medidas de pH foram realizadas em triplicata, onde apresentaram valores médios distintos, os quais estão indicados na tabela 3. Foram obtidas 4 amostras de águas referente a 1^a, 2^a, 3^a e 4^a lavagem do biodiesel.

Observa-se que houve uma diminuição no pH da 1^a amostra para a 4^a amostra, pois após as lavagens o biodiesel apresentou maior a diminuição da basicidade da água. A 1^a amostra apresentou um pH básico médio de 10,25, enquanto que a 4 amostra , apresentou um pH de 6,78.

Portanto entre os valores obtidos somente a 4^a amostra encontra-se dentro dos valores admissíveis para as condições de descarte de efluentes nos lençóis freáticos, visto que estabelecidos pelo CONAMA, que estabelece um pH entre 5 a 9. (CONAMA 430/2011)

Parron, 2011, afirma que todas as fases de tratamento de água e de efluentes, neutralização, precipitação, coagulação, desinfecção e controle de corrosão dependem do valor do pH da água.

5.2 Análises da Turbidez

As águas de lavagens geradas na produção do biodiesel apresentaram valores elevados de turbidez, com exceção da 3^a amostra que foi de 78,03 UNT e amostra 4 com 61,2 UNT. Por meio dos dados obtidos, verifica-se que as amostras 3 e 4 estão dentro dos parâmetros da Resolução do CONAMA 430/11(Art.16) visto que, a mesma afirma que nos corpos receptores a turbidez não pode ultrapassar 100 UNT.

Tabela 1: Medidas de pH/desvio padrão das amostras de água

	Valores de pH			V _M de pH	D.Padrão	Norma da CONAMA 430/11
Amostra 1	10,63	9,41	10,71	10,25	0,73	5,0 – 9,0
Amostra 2	8,66	10,13	9,66	9,48	0,75	
Amostra 3	9,42	9,27	9,20	9,29	0,048	
Amostra 4	6,64	7,02	6,70	6,78	0,18	

Fonte: Dados pesquisa.

A Tabela 2 apresenta os resultados de turbidez para as amostras coletadas, observa-se que as amostras 1 e 2 possuem os maiores valores de turbidez, pois estas são referentes as primeiras lavagens.

Tabela 2: Medidas de Turbidez/desvio padrão das amostras de águas

	Valores de Turbidez(NTU)			V _m de Turbidez	D.Padrão (S)	Norma da CONAMA 430/11
Amostra 1	953	952	950	951,6	1,52	100 UNT
Amostra 2	931	930	934	931,6	0,17	
Amostra 3	77,6	78,3	78,2	78,03	0,17	
Amostra 4	61,0	61,4	61,2	61,2	0,26	

Fonte: Dados pesquisa

5.3 Análise de Condutividade Elétrica

A condutividade está relacionada com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente, e a alcalinidade, que tem relação direta com a presença e/ou ausência de carbonatos e bicarbonatos. (SANTOS, 1997). A norma do CONAMA 430/2011 não estabelece valores fixos para condutividade elétrica.

Neves (2011) em seu estudo observou que valores de condutividade para efluentes de biodiesel apresentaram valores inicial de (2540 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e

final ($5160 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), dando valores mais altos para efluentes obtidos no presente estudo, mostrados na Tabela 3.

Foi observado que os valores de condutividades para efluentes do biodiesel de girassol aumentaram nas três primeiras amostras e na quarta água de lavagem que é a menos concentrada obteve-se um valor mais baixo com $365,3 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Tabela 3: Medidas de condutividade/desvio padrão das amostras de águas

	Valores de Condutividade			Vm de Cond.	D.Padrão	Norma da CONAMA 430/11
	(mS.cm ⁻¹)					
Amostra 1	746,6	746,3	746,4	746,5	0,18	*Não
Amostra 2	827,3	827,0	827,2	827,1	0,17	especifica
Amostra 3	913,5	913,4	913,2	913,3	0,17	valor mínimo
Amostra 4	365,6	365,1	365,2	365,3	0,26	ou máximo

Fonte: Dados da pesquisa

5.4 Análises de sólidos totais

Segundo ABNT(1989), o método gravimétrico é utilizado para determinação das diversas formas de resíduos sólidos em amostras de água, efluentes domésticos e industriais, lodos e sedimentos. Tal método consiste em analisar uma massa ou variação de massa com sinal analítico. De modo geral, operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes numa amostra.

Os resultados obtidos na análise de sólidos totais mostraram valores de $3,73 \text{ mg/L}$ para 1^a e $0,47 \text{ mg/L}$ para 4^a amostra, portanto os sólidos totais estão dentro das normas do CONAMA que é de 500 mg/L , conforme Tabela 4.

Os resultados são parecidos com os encontrados por NEVES (2011) que foi de $3,7 \text{ mg/L}$.

Os resultados são parecidos com os encontrados por NEVES (2011) que foi de $3,7 \text{ mg/L}$.

Tabela 4: Valores de sólidos totais (ST)/desvio padrão das amostras de água

	Valores de sólidos totais (mg/L)			Vm	D.Padrão	Norma da CONAMA 430/11
Amostra 1	2,8	4,6	3,8	3,73	12,19	
Amostra 4	0,6	0,4	0,4	0,47	2,22	500mg/L

Fonte: Dados da pesquisa

5.5 Análises do Teor de Óleos e Graxas.

As análises do teor de óleos e graxas são de suma importância e bastante utilizadas como parâmetro de qualidade para águas residuais industriais. Portanto, esse é um parâmetro que deve ser controlado na indústria de petróleo, visto que é um parâmetro requerido de uma legislação. Quando existe a presença de óleos e graxas existe também uma diminuição entre a superfície da água e o ar atmosférico, ou seja, a diminuição dessa área de contato impedirá a transferência do oxigênio da atmosfera para água.

GRANGEIRO (2009) enfatiza que durante o processo de decomposição a presença dessas substâncias diminui o oxigênio dissolvido, provocando irreparáveis alterações no ecossistema aquático.

Na análise do teor de óleos e graxas observa-se que a 1ª amostra apresenta valor de 597,4 mg/L, pois na primeira lavagem estariam sendo retirados as substâncias com maior afinidade pela água, ou seja, os compostos mais solúveis como resíduos do catalizador e do álcool.

A partir da segunda lavagem os compostos orgânicos como ácidos graxos, começam a ser arrastados pela agitação com a água, pode-se observar um valor pequeno de 11,2 mg/L na 4ª amostra. Os valores das análises ficaram próximos do encontrado por NEVES (2011) que analisou águas de lavagens de uma empresa que usava o sistema de batelada encontrando valor médio de 7,2 mg/L.

A resolução do CONAMA nº 430/2011, estabelece valores máximos para lançamento de efluentes contendo óleos e graxas inferiores a 20 mg/L para óleos minerais, e até 50 mg/L de óleos vegetais e gorduras animais, portanto

os teores encontrados na 4ª água de lavagem encontra-se dentro dos valores permitidos, entretanto os valor da 1ª amostra está acima dos valores permitidos, tabela 5.

Tabela 5: Análises do TOG/desvio padrão das amostras de água

	Valores de TOG (mg/L)			Vm	D.Padrão	Norma da CONAMA 430/11 Até 50 mg/L
Amostra 1	792	597,4	402,8	597,4	4,35	
Amostra 4	11,3	11,5	11,8	11,2	0,360	

Fonte: Dados da pesquisa

6 Conclusão

O presente estudo proporcionou a caracterização de propriedades físico-químicas de efluentes provenientes do biodiesel do óleo de girassol. Após as análises pode-se evidenciar que os parâmetros de turbidez, e o pH da 4ª amostra do efluente, os sólidos totais e a 4ª amostra do teor de óleo e graxas estão dentro dos padrões do CONAMA.

O estudo realizado foi importante para avaliar as características inerentes a cada fração do processo de lavagem, que pode ser correlacionado com o processo realizado nas indústrias. Desta forma as indicações apresentadas podem também contribuir para o desenvolvimento de metodologias alternativas, que possam minimizar os parâmetros que estão em desacordo com as normas adotadas pelo CONAMA.

7 Referências

ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnica. Águas - **Determinação de resíduos (sólidos) - Método gravimétrico**. Rio de Janeiro, 1989.

AEA - A Agência Européia do Ambiente é uma agência da União Européia. **Evidencia das alterações climáticas em toda a Europa confirma necessidade urgente de adaptação.**

Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/pt/pressroom/newsreleases/evid5.2encia-das-alteracoes-climaticas-em>>. Acesso: 13 de abril de 2015.

AKPINAR, E.K. Mathematical modelling of thin layer drying process under open sun of some aromatic plants. **Journal of Food Engineering**, London, v.77, n.4, p.864-870, 2006.

AL-ZUHAIR, S.; JAYARAMAN, K.V.; KRISHNAN, S.; CHAM, W. The effect of fatty acid concentration and water content on the production of biodiesel by lipase. **Biochemical Engineering Journal**, v. 30, p. 212 – 217, 2006.

AZEVEDO NETO, J.M & RICHTER, C.A. Tratamento de água. Tecnologia **Atualizada**. Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo ,1991.

BRASIL, Lei 11.097, de 13 de janeiro de 2006. Disponível em:
CONAMA. 2011. **Resolução CONAMA nº 430**. Brasília: Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357/2005**. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf, acessada em 02 maio de 2015.

DE BONI, L. A. B.; GOLDANI, E.; MILCHAREK, C. D.; SANTOS, F. A.; **Tchê Química**. 2007, 4, 41.

ESCOBAR, J. C.; LORA, E. S.; VENTURINE, O. J.; CASTILLO, E. F.; ALMAZAN, O. – **Biofuel: Environment, technology and food security**. Volume 13, Issues 6-7, Agosto-setembro 2009, paginas 1275-1287. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032108001329>>. Acesso em:17/04/2015.

FELIZARDO, P.M.G. 2003. *Produção de biodiesel a partir de óleos usados de fritura*. Instituto superior técnico. Lisboa.

GRANGEIRO, R. V. T. **Caracterização da água de lavagem proveniente da purificação do biodiesel**. 2009. 40 f.Dissertação (Mestrado) - Centro de

Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2009. http://www.biodiesel.gov.br/docs/lei11097_13jan2005.pdf. Acesso em 13 de junho de 2015.

LIBÂNIO, MARCELO. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**/ Marcelo Libânio, Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.

MA, F. & HANNA, M.A. 1999. Biodiesel production: a review. **Bioresource Technology**, Lincoln., 70: 1-15. MACEDO, J. A. **Introdução à química ambiental – química e meio ambiente e sociedade**, 1ª ed. Juiz de Fora: CRQ-MG, 2002.

MACEDO, J.A.B. **Águas & Águas: Métodos Laboratoriais** . 3ª Edição. Belo Horizonte, MG: CRQ-MG, 2007.

NEVES, T. A. **Tratamento físico-químico dos efluentes líquidos da produção de biodiesel metílico em regime de funcionamento contínuo e bateladas**. Cuiabá/2011.129p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental.) -Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá /2011.

NIMET, G; SILVA, E. A.; PALÚ, F.; DARIVA, C.; FREITAS, L. S.; MEDINA NETO, A.; CARDOZO FLIHO, L. Extraction of sunflower (*Helianthus annuus* L.) oil with supercritical CO₂ and subcritical propane: Experimental and modeling. **Chemical Engineering Journal**, 168, p. 262-268, 2011

NOUREDDINI; Hossein. **System and process for producing biodiesel fuel with reduced viscosity and a cloud point below thirty-two (32) degrees Fahrenheit**. USPTO Patent Full. Patent n0 6.174.501. p. 4-14. 2001.

OLIVEIRA, L. B. **Potencial de aproveitamento energético de lixo e de biodiesel de insumos residuais no Brasil**. Rio de Janeiro, 2004. 237p. Tese

(Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) – Programa de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.

PARENTE, E. J. S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza, Ceará: tecbio, 66p, 2003.

SANTOS, A.C. .Noções **Hidro química**. In: **hidrologia: conceitos e aplicações**. Coordenadores :Fernando Antônio carneiro Feitosa/Joao Manuel Filho .Fortaleza. CPRM/LABHID-UFPE.P.81-108.1997.

SILVA. J .F.R.;**Tratamento de efluentes do biodiesel de algodãoutilizando adsorvente natural (*crecscencia cujete I.*) em comparação com o sintético**. 2015. 42 f, 48 f,49 f, 53 f,79 f, Dissertação(Mestrado em Ciências Naturais e Biotecnologia) – Centro de educação e saúde, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité /PB,2015.

SOUTO,M.V.M. ;**Avaliação do catalisador NIMCM-41 na produção de biodiesel de pião-manso**. Trabalho de conclusão do curso (graduação em química) - Universidade Federal de Campina Grande, 2011.

VICHI, F. M.; MANSOR, M. T.C. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. **Química Nova**, v. 32, n. 3, 757-767, 2009.

8 Agradecimentos

Ao laboratório de Biocombustível e Química Ambiental e a colaboração do Ms. José Fabiano da Rocha Silva.