

## ANÁLISE DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL OBTIDO A PARTIR DO ÓLEO DE RESÍDUOS DE PEIXE

Douglas Felipe Nogueira Rocha <sup>1</sup>  
Kassandra dos Santos Silva <sup>2</sup>  
Isabela Nunes de Oliveira <sup>3</sup>  
Adriana Carla de Oliveira Lopes <sup>4</sup>

### RESUMO

O biodiesel, formado por ésteres, é uma fonte de energia renovável, não tóxico e não poluente produzido a partir de óleos vegetais ou rejeitos gordurosos de origem animal. O biodiesel é produzido convencionalmente através da reação de transesterificação de um triglicerídeo com um álcool, geralmente metanol ou etanol anidro, na presença de catalisador homogêneo ou heterogêneo. O óleo presente nas vísceras de peixes, apresenta elevada capacidade para produção de biodiesel, pois contém longa cadeia carbônica, assim como elevados teores de ácidos graxos saturados sendo matéria-prima de elevada abundância. Contudo, este trabalho teve como objetivo estudar a produção de biodiesel a partir do óleo de resíduos de peixes de água doce, bem como analisar as variáveis de processo na produção deste biodiesel. Para isto foram realizados experimentos em escala de bancada, a partir de um planejamento experimental fatorial completo com quatro variáveis, onde a resposta de interesse foi a conversão do óleo de peixe em biodiesel. As análises destas conversões, em % massa, foram realizadas por cromatografia gasosa. As variáveis que foram estudadas para o processo de produção deste biodiesel em meio homogêneo foram: temperatura de reação (30-70 °C); concentração de catalisador hidróxido de potássio (0,5-1,5%); tempo de reação (0,5-2 horas); e, razão molar etanol/óleo de peixe (4:1-10:1). Após a realização do estudo foi obtido como principais resultados a significativa influência das variáveis temperatura de reação e razão molar etanol:óleo na conversão percentual deste óleo de peixe em biodiesel.

**Palavras-chave:** Produção de Biodiesel, Óleo de peixe, Análise de variáveis, Conversão.

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, [feldoug@gmail.com](mailto:feldoug@gmail.com);

<sup>2</sup> Graduanda do Curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, [kassandra.santos02@gmail.com](mailto:kassandra.santos02@gmail.com);

<sup>3</sup> Graduanda do Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, [isabela.oliveira@arapiraca.ufal.br](mailto:isabela.oliveira@arapiraca.ufal.br);

<sup>4</sup> Professora orientadora: doutora, Cursos Engenharia de Pesca e Engenharia de Produção - UFAL, [adriana.lopes@penedo.ufal.edu.br](mailto:adriana.lopes@penedo.ufal.edu.br).

## INTRODUÇÃO

A redução das reservas de petróleo e o aumento da procura por combustíveis, vem sendo constatada ao longo dos anos. Esses fatos, aliados aos danos causados ao meio ambiente pela queima de combustíveis de origem fóssil, estimulam as pesquisas sobre fontes de energia tais como os biocombustíveis (SILVA, 2017, p. 5; COBUS, 2019, p.3).

Entre os biocombustíveis, destaca-se o biodiesel o qual por ter rendimento similar ao diesel, vem se mostrando uma fonte de energia renovável bastante atrativa e que contribui menos para o efeito estufa, reduzindo em 33,33% a emissão de gases tóxicos tais como o monóxido de carbono e óxidos de enxofre (LOPES, 2008, p.2), assim como diminui, também, a emissão de hidrocarbonetos e materiais particulados durante o processo de combustão (BATENI et al., p. 4, 2017). Contribui ainda para a geração de empregos no setor primário, que no Brasil é de grande importância para o desenvolvimento social e prioridade de nosso atual governo. Com isso, favorece o ciclo da economia auto-sustentável essencial para a autonomia do país (SILVA, 2017).

Contudo, o presente trabalho teve por objetivo analisar os efeitos das variáveis de processo na produção do biodiesel obtido a partir do óleo de resíduos de peixe, em escala de bancada, através da transesterificação deste óleo, via rota etílica utilizando um catalisador básico.

Para o desenvolvimento deste estudo, foram realizados ensaios experimentais de transesterificação empregando a metodologia de Lopes (2008, p. 22), tendo como ponto de partida um planejamento fatorial completo com quatro variáveis: temperatura de reação (30-70 °C); concentração de catalisador hidróxido de potássio (0,5-1,5%); tempo de reação (0,5-2 horas); e, razão molar etanol/óleo de peixe (4:1-10:1). O óleo de resíduos de peixes coletados nas feiras da cidade de Penedo/AL, foi extraído utilizando a metodologia de Guerra e Oña (2008, p. 50). Os experimentos foram realizados com catálise homogênea, usando o catalisador básico hidróxido de potássio (KOH) e o álcool etanol anidro (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), com ênfase na conversão do óleo de peixe em biodiesel. Esta conversão foi determinada por cromatografia gasosa, utilizando o cromatógrafo VARIAN, modelo CP-3800 com detector FID. Após a obtenção das conversões (%), foram calculados os efeitos das variáveis utilizando a técnica do planejamento fatorial (NETO et al., 2001, p. 2-50). Foi verificada a forte influência das variáveis principais temperatura de reação e razão molar etanol/óleo, e do efeito de interação entre elas. Pode-se justificar esses resultados, pela teoria do equilíbrio químico (BRADY e

HUMISTON, 1986, p. 500-502), que pode ser aplicada para reações reversíveis, como a reação de transesterificação do biodiesel (MURAYAMA, 1994, p. 5; MA e HANNA, 1999, p. 3).

## **METODOLOGIA**

Os experimentos de produção do biodiesel foram realizados em escala de bancada no Laboratório de Química da Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

### **Materiais**

Os materiais empregados foram: o óleo extraído de resíduos de peixes de água doce (nativos do rio São Francisco), o álcool etanol anidro ( $C_2H_5OH$ ) PA e o catalisador básico hidróxido de potássio (KOH) PA; Como a utilização do catalisador básico eleva o pH do meio, para obedecer as normas da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2014), o produto reacional foi purificado com solução ácida até seu pH se tornar igual a 7, logo para os processos de purificação foram utilizados os solventes água destilada e ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) PA; e como agente secante o sal sulfato de magnésio ( $MgSO_4$ ).

### **Planejamento experimental**

Todo o estudo estatístico foi efetuado utilizando a técnica do planejamento experimental fatorial completo (NETO et al., 2001, p. 2-50), com o intuito de analisar a influência das variáveis de processo selecionadas bem como seus efeitos de interação no processo de produção do biodiesel.

Para determinar as condições experimentais que pudessem maximizar a síntese de ésteres (biodiesel), resultantes da reação de transesterificação, foi realizado um planejamento experimental fatorial saturado com 2 níveis e 4 variáveis. As variáveis que foram analisadas nesta etapa foram: temperatura de reação, concentração de catalisador, tempo de reação, e razão molar etanol/óleo. O intervalo de estudo destas variáveis foi escolhido com o intuito de abranger grande parte dos estudos apresentados na literatura, referentes a transesterificação de óleos utilizando catalisadores alcalinos. Estes valores foram temperatura de reação (30-70 °C); concentração de catalisador hidróxido de potássio (0,5-1,5%); tempo de reação (0,5-2 horas); e, razão molar etanol/óleo de peixe (4:1-10:1).

O uso do planejamento fatorial permitiu expressar como as variáveis de processo influenciaram na conversão do óleo de peixe à biodiesel. Segundo a técnica do planejamento experimental fatorial completo, se há quatro variáveis selecionadas deverão ser realizados dezesseis experimentos, feitos em duplicata, ou seja, ocorreram trinta e dois experimentos,

obedecendo a metodologia do planejamento experimental descrita por Neto et al. (2001, p. 2-50).

### **Procedimento experimental**

As reações de transesterificação, bem como os processos de purificação do biodiesel foram realizados segundo a metodologia de Lopes (2008, p.22-27). Já para a extração do óleo, a metodologia utilizada foi de Guerra e Oña (2009, p. 50). Os resíduos de peixe, coletados nas feiras da Cidade de Penedo/AL, foram congelados a  $-20^{\circ}\text{C}$  em um freezer, até alcançar a completa solidificação. Os resíduos congelados foram cortados em forma de cubos e em seguida foram colocados em béckers e aquecidos em banho Maria à  $65^{\circ}\text{C}$  durante aproximadamente 1 hora e 30 minutos, para produzir a separação do óleo (que fica na parte superior do recipiente) o qual posteriormente foi coletado, filtrado e armazenado a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Esse óleo, extraído em quantidade significativa para a realização de todos os ensaios, foi caracterizado, para a obtenção da massa molar, necessária para a realização dos cálculos estequiométricos. A caracterização foi realizada via cromatografia gasosa – CG, em cromatógrafo VARIAN, modelo CP-3800 com detector FID, disponibilizado pelo Instituto Federal de Alagoas, IFAL, Campus Maceió/AL.

A quantidade de óleo de peixe, para cada reação, foi fixa em 70 g e adicionada a um balão de fundo redondo, já as quantidades de etanol e do catalisador KOH, bem como a temperatura de reação, seguiram os valores do planejamento de experimentos, de acordo com o intervalo de estudo das variáveis. O catalisador foi adicionado ao álcool gerando uma mistura homogênea, a qual foi adicionada ao óleo iniciando a reação de transesterificação.

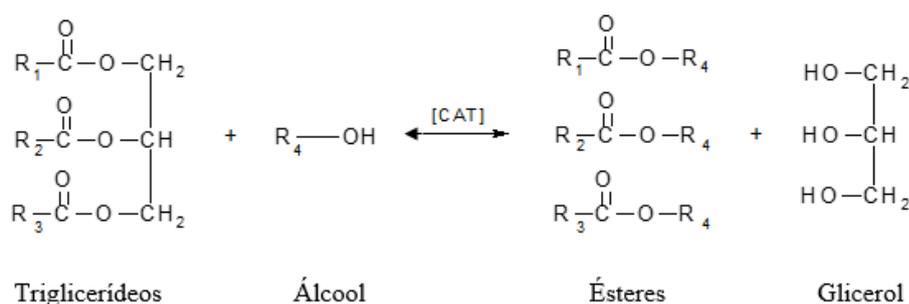
Depois de decorrido o tempo de reação estipulado pelo planejamento de experimentos, a mistura reacional (contendo o biodiesel) foi transferida do balão, onde foi realizada a reação de transesterificação, para um funil de separação, onde foram adicionados, primeiramente, 50 mL de uma solução de ácido sulfúrico 5,0% para neutralizar o catalisador básico KOH, e após esta etapa o biodiesel foi purificado através da lavagem com água destilada. No fim de cada operação de lavagem, o pH da água utilizada foi medido e comparado com o da água destilada pura. Ao término do processo de lavagem, o pH do biodiesel apresentou um valor bastante próximo do referente à água destilada, indicando que as impurezas presentes neste biocombustível já haviam sido removidas.

Neste estudo, o parâmetro de avaliação foi a conversão (% massa) do óleo de peixe à biodiesel, esta conversão foi determinada por cromatografia gasosa, utilizando o cromatógrafo VARIAN, modelo CP-3800 com detector FID, disponibilizado pelo IFAL, Campus Maceió/AL.

## REFERENCIAL TEÓRICO

A transesterificação (alcoólise), é o processo de produção do biodiesel mais utilizado na indústria. Trata-se de uma reação química que envolve triglicerídios, a partir de gordura animal ou óleo vegetal, com um álcool formando ésteres (biodiesel) e glicerol (glicerina), conforme Figura 1 (LOPES, 2008, p. 9). Um catalisador básico ou ácido ou ainda uma enzima, são utilizados para aumentar a velocidade da reação (LOPES, 2008, p.9). Após o processo de transesterificação, o biodiesel produzido necessita ser purificado para que este atenda as especificações exigidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP (ANP, 2014) para sua comercialização. Em relação aos seus contaminantes, destaca-se, a glicerina (glicerol) e resíduos de catalisadores utilizados na reação de transesterificação (BATENI et al., 2017, p.15).

Figura 1 – Reação de transesterificação para a produção de biodiesel.



Fonte: Lopes, 2008

Vários estudos realizados sobre a otimização do processo de produção do biodiesel, comprovaram que o rendimento da reação de transesterificação deste biocombustível, dependendo da matéria-prima (óleo vegetal ou gordura animal), pode ser afetado pelas variáveis de processo: temperatura de reação, concentração de catalisador, tempo de reação, e razão molar etanol/óleo (LOPES, 2008, p. 29; COBUS, 2019, p. 33).

O óleo de peixe extraído das vísceras do peixe, vem sendo utilizado na produção de biodiesel, por ser um óleo que contém longa cadeia carbônica, assim como elevados teores de ácidos graxos saturados, os quais constituem os triglicerídeos (BERY et al., 2012, p.297-306), além disso a utilização das vísceras de peixes é uma forma de aproveitamento destes resíduos que usualmente são descartados pelas indústrias e comunidades pesqueiras, evitando, desta forma, prejuízos de produção, por tratar-se de uma alternativa muito valiosa para a geração de energia (BERY et al., 2012, p.299). O biodiesel proveniente de rejeitos gordurosos, tais como

vísceras de peixe, é economicamente e ambientalmente mais vantajoso que o obtido a partir do óleo vegetal por não competir com a alimentação humana e ainda, gera uma alternativa de renda para a piscicultura local, por meio dessa matéria-prima de alta produtividade e baixo custo, minimizando os impactos ambientais (BERY et al., 2012, p. 305-306).

O rio São Francisco, um dos principais do Brasil, possui rica diversidade de peixes com potencial para a exploração econômica, entre elas matrinhã, dourado, surubim, curimatã-pacu, pacamã e piau, além de mais duas estabelecidas: tambaqui e tilápia (SILVA, 2017, p. 7). As comunidades pesqueiras da cidade de Penedo, uma das cidades do Estado de Alagoas banhada pelo rio São Francisco, usufrui desta diversidade de peixes, como fonte de alimento e de renda. Elevada quantidade de descarte de partes dos constituintes do peixe, gerada por estas comunidades, poderiam ser submetidas à extração de óleo animal, e conseqüentemente reutilizadas na produção de biodiesel, conforme já mencionado.

Contudo, dentro de uma perspectiva de empregar os resíduos de espécies de peixes de água doce para a geração de uma fonte renovável de energia, este trabalho propôs estudar a produção de biodiesel a partir do óleo extraído das vísceras de peixe nativos do rio São Francisco, bem como analisar influência das variáveis de processo na produção deste biodiesel.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme já mencionado, o óleo foi extraído a partir de resíduos de peixes coletados nas feiras da cidade de Penedo/AL, conforme Figura 2 (a), e conduzido aos experimentos de produção do biodiesel, em escala de bancada, conforme Figura 2 (b).

Figura 2 – (a) Coleta de resíduos de peixe nas feiras da cidade de Penedo, pelo discente Douglas Rocha e (b) produção do biodiesel de peixe em escala de bancada.



Fonte: Autor (2020)

Após a produção e purificação do biodiesel de peixe, amostras deste óleo foram encaminhadas ao Instituto Federal de Alagoas-IFAL de Maceió para a obtenção das conversões (% massa) do óleo de peixe em biodiesel, via cromatografia gasosa-CG. Esta conversão corresponde a resposta do presente estudo. Apesar da pandemia covid-19 e da diminuição da frequência em laboratório (por conta desta pandemia), para a realização dos ensaios, mesmo assim, foi possível a execução de todos os ensaios previstos na matriz de experimentos, realizados em duplicata. As condições experimentais, assim como os resultados, conversão do óleo de peixe em biodiesel, estão apresentados na Tabela 1. A técnica do planejamento fatorial completo utiliza-se o -1 para representar o limite inferior e +1 para representar o limite superior do intervalo das variáveis estudadas.

Tabela 1 – Condições experimentais e resultados dos experimentos de produção do biodiesel de peixe

Experimento	Temperatura da reação (°C)	Razão molar óleo/álcool	Concentração em peso do catalisador (%p/p)	Tempo de reação (h)	Média da conversão do óleo de peixe à biodiesel (% em massa)
1	30/-1	1:4/-1	0,5/-1	0,5/-1	64
2	70/+1	1:4/-1	0,5/-1	0,5/-1	72
3	30/-1	1:10/+1	0,5/-1	0,5/-1	79
4	70/+1	1:10/+1	0,5/-1	0,5/-1	78
5	30/-1	1:4/-1	1,5/+1	0,5/-1	63
6	70/+1	1:4/-1	1,5/+1	0,5/-1	71
7	30/-1	1:10/+1	1,5/+1	0,5/-1	79,5
8	70/+1	1:10/+1	1,5/+1	0,5/-1	79,2
9	30/-1	1:4/-1	0,5/-1	1,5/+1	64,5
10	70/+1	1:4/-1	0,5/-1	1,5/+1	72,6
11	30/-1	1:10/+1	0,5/-1	1,5/+1	78,7
12	70/+1	1:10/+1	0,5/-1	1,5/+1	78,2
13	30/-1	1:4/-1	1,5/+1	1,5/+1	64,4
14	70/+1	1:4/-1	1,5/+1	1,5/+1	71,8
15	30/-1	1:10/+1	1,5/+1	1,5/+1	78,8
16	70/+1	1:10/+1	1,5/+1	1,5/+1	79,2

Fonte: Autor (2020)

Utilizando a técnica do planejamento fatorial completo, essa Tabela 1 foi transformada em uma matriz “X”, contendo apenas os elementos +1 e -1.

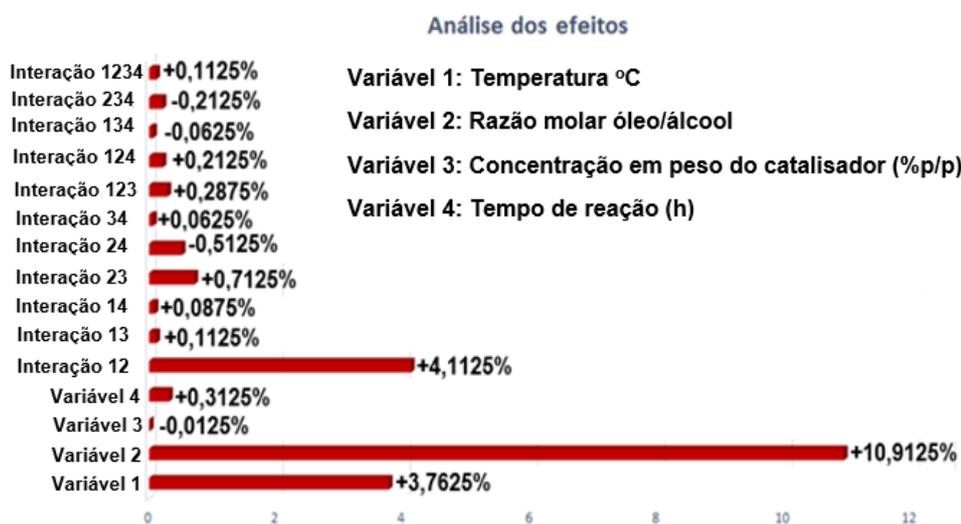
Os efeitos principais das variáveis selecionadas foi calculado de acordo com a metodologia descrita por Neto et al., (2003, p. 2-50). No caso de um planejamento fatorial com dois níveis e k variáveis, o efeito E de uma determinada variável i é calculado a partir da equação:

$$E = \frac{1}{2^{k-1}} \times X_i^t \times Y$$

Onde  $X_i^t$  é a matriz linha que é obtida transpondo a coluna da matriz de planejamento correspondente à variável  $i$  e  $Y$  é a matriz coluna obtida com os valores da variável resposta do planejamento. Neste estudo a resposta foi a conversão percentual em massa de óleo à biodiesel. A conversão do óleo em biodiesel foi determinada por cromatografia gasosa, utilizando o cromatógrafo VARIAN, modelo CP-3800 com detector FID.

Os efeitos principais, assim como os efeitos de interação de duas, três e quatro variáveis selecionadas foram, então, calculados e seus valores encontram-se representados graficamente no diagrama de pareto, Figura 3.

Figura 3 – Diagrama de pareto apresentando os resultados obtidos dos efeitos das variáveis estudadas



Fonte: Autor (2020)

Estes efeitos representam a influência que cada variável exerce, isoladamente, sobre a resposta do sistema (neste caso, a conversão à biodiesel), e são interpretados da seguinte maneira:

- **Efeito principal da variável 1 (Temperatura):** Significa que se a temperatura de reação aumentar de 30 para 70° C, mantendo as outras variáveis constantes, a conversão do óleo de peixe em biodiesel irá aumentar, em média, 3,7625 %;
- **Efeito principal da variável 2(razão molar óleo/álcool):** Significa que se a razão molar óleo/álcool aumentar de 1:4 para 1:10, mantendo as outras variáveis constantes, a conversão do óleo de peixe em biodiesel irá aumentar, em média, 10,9125 %;
- **Efeito principal da variável 3 (concentração em peso do catalisador):** Significa que se a concentração em peso do catalisador hidróxido de potássio aumentar de 0,5 para

- 1,5%, mantendo as outras variáveis constantes, a conversão do óleo de peixe em biodiesel irá diminuir, em média, 0,0125 %;
- **Efeito principal da variável 4 (tempo de reação):** Significa que se o tempo de reação aumentar de 0,5 para 2 h, mantendo as outras variáveis constantes, a conversão do óleo de peixe em biodiesel irá aumentar, em média, 0,3125 %;
  - **Interação das variáveis 1 e 2:** Significa que se a temperatura de reação aumentar de 30 para 70° C e a razão molar óleo/álcool aumentar de 1:4 para 1:10, mantendo as outras variáveis constantes, a conversão do óleo de peixe em biodiesel irá aumentar, em média, 4,1125%;
  - **Interação das variáveis 1 e 3:** Significa que se a temperatura de reação aumentar de 30 para 70° C e a concentração em peso do catalisador hidróxido de potássio aumentar de 0,5 para 1,5%, mantendo as outras variáveis constantes, a conversão do óleo de peixe em biodiesel irá aumentar, em média, 0,1125%;
  - **Interação das variáveis 1 e 4:** Significa que se a temperatura de reação aumentar de 30 para 70° C e o tempo de reação aumentar de 0,5 para 2 h, mantendo as outras variáveis constantes, a conversão do óleo de peixe em biodiesel irá aumentar, em média, 0,0875%;
  - **Interação das variáveis 2 e 3:** Significa que se a razão molar óleo/álcool aumentar de 1:4 para 1:10 e a concentração em peso do catalisador hidróxido de potássio aumentar de 0,5 para 1,5%, mantendo as outras variáveis constantes, a conversão do óleo de peixe em biodiesel irá aumentar, em média, 0,7125%;
  - **Interação das variáveis 2 e 4:** Significa que se a razão molar óleo/álcool aumentar de 1:4 para 1:10 e o tempo de reação aumentar de 0,5 para 2 h, mantendo as outras variáveis constantes, a conversão do óleo de peixe em biodiesel irá diminuir, em média, 0,5125%;
  - **Interação das variáveis 3 e 4:** Significa que se a concentração em peso do catalisador hidróxido de potássio aumentar de 0,5 para 1,5% e o tempo de reação aumentar de 0,5 para 2 h, mantendo as outras variáveis constantes, a conversão do óleo de peixe em biodiesel irá aumentar, em média, 0,0625%;
  - **Interação das variáveis 1, 2 e 3:** Significa que se a temperatura de reação aumentar de 30 para 70° C, a razão molar óleo/álcool aumentar de 1:4 para 1:10 e a concentração em peso do catalisador hidróxido de potássio aumentar de 0,5 para 1,5%, mantendo a variável tempo de reação constante, a conversão do óleo de peixe em biodiesel irá aumentar, em média, 0,2875%;

- **Interação das variáveis 1, 2 e 4:** Significa que se a temperatura de reação aumentar de 30 para 70° C, a razão molar óleo/álcool aumentar de 1:4 para 1:10 e o tempo de reação aumentar de 0,5 para 2 h, mantendo a variável concentração em peso do catalisador constante, a conversão do óleo de peixe em biodiesel irá aumentar, em média, 0,2125%;
- **Interação das variáveis 1, 3 e 4:** Significa que se a temperatura de reação aumentar de 30 para 70° C, a concentração em peso do catalisador hidróxido de potássio aumentar de 0,5 para 1,5% e o tempo de reação aumentar de 0,5 para 2 h, mantendo a variável razão molar óleo/álcool constante, a conversão do óleo de peixe em biodiesel irá diminuir, em média, 0,0625%;
- **Interação das variáveis 2, 3 e 4:** Significa que se a razão molar óleo/álcool aumentar de 1:4 para 1:10, a concentração em peso do catalisador hidróxido de potássio aumentar de 0,5 para 1,5% e o tempo de reação aumentar de 0,5 para 2 h, mantendo a variável temperatura de reação constante, a conversão do óleo de peixe em biodiesel irá diminuir, em média, 0,2125%;
- **Interação das variáveis 1, 2, 3 e 4:** Significa que se as quatro variáveis sofrerem alteração simultaneamente, a conversão do óleo de peixe em biodiesel irá aumentar, em média, 0,1125%.

Analisando os resultados, pode-se observar a considerável influência, na conversão do óleo de peixe em biodiesel, das variáveis temperatura de reação e a razão molar óleo/álcool, assim como o efeito de interação entre estas. Esses resultados podem ser explicados pela teoria do equilíbrio químico (BRADY e HUMISTON, 1986, p. 500-502), que pode ser aplicada para reações reversíveis, como a reação de transesterificação do biodiesel (MURAYAMA, 1994, p. 5; MA e HANNA 1999, p.3). Esta teoria menciona que quanto maior a temperatura, para reação endotérmica (a qual absorve energia), o equilíbrio é deslocado no sentido de formação dos produtos da reação (BRADY e HUMISTON, 1986, p. 500). A teoria do equilíbrio químico também menciona que quando a concentração do reagente aumenta, como foi o caso do aumento da quantidade em mols do reagente álcool (de 4 para 10 mols), o equilíbrio químico é deslocado para o sentido de formação dos produtos, aumentando assim a conversão do reagente em produto (BRADY e HUMISTON, 1986, p. 502). Já os efeitos das variáveis concentração de catalisador hidróxido de potássio e tempo de reação contribuíram com a diminuição e o aumento, respectivamente, da

conversão, mas não tão de forma significativa quanto as duas primeiras variáveis selecionadas. Assim como os demais efeitos de interação das variáveis, os quais não foram tão significativos comparados ao efeito de interação entre as variáveis 1 e 2.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados obtidos mostram que o processo de produção do biodiesel de peixe pode ser realizado de maneira relativamente simples e com elevado rendimento, pois conversões acima de 50% foram obtidas em condições operacionais diversas. O emprego do planejamento experimental mostrou-se eficiente no estudo da influência das variáveis de processo. Os efeitos temperatura de reação, razão molar óleo/álcool e o efeito de interação entre estas duas variáveis foram bastante significativos, promovendo uma variação média de 3,7624 %, 10,9125 % e 4,1125%, respectivamente, na conversão da reação de transesterificação. As variáveis concentração do catalisador hidróxido de potássio e o tempo de reação não influenciaram de forma significativa no processo estudado, bem como os efeitos de interação envolvendo essas últimas variáveis.

Contudo, os objetivos do presente trabalho foram atingidos com resultados satisfatórios e confiantes para trabalhos futuros, e contribuiu com o enriquecimento da literatura para a comunidade científica.

## **AGRADECIMENTOS**

- A Universidade Federal de Alagoas – UFAL, pelo apoio e ajuda financeira do projeto;
- Ao Instituto Federal de Alagoas – IFAL, Campus Maceió, em especial ao professor Johnnatan Duarte de Freitas pelas análises realizadas neste trabalho;
- A todos que contribuíram com a realização desse projeto.

## **REFERÊNCIAS**

ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), Resolução N° 45, Brasília, DF, 2014.

BATENI H.; SARAELIAN A.; ABLE, C. A comprehensive review on biodiesel purification and upgrading. *Biofuel Research Journal*, 15, 2017.

BERY, C. C. S.; NUNES, M. L.; SILVA, G. F.; SANTOS, J. A. B.; BERY, C. S. Estudo da viabilidade do óleo de vísceras de peixes marinhos (*Seriola Dumerlii* (ARABAIANA),

Thunnus ssp (ATUM), Scomberomorus cavala (CAVALA) e Carcharrhinus spp (CAÇÃO)) comercializados em Aracaju-SE para a produção de biodiesel. R. Geintec, v. 2, n. 3, 2012.

BRADY, J. E.; HUMISTON, G. E. Química Geral, 2-ed, vol.2, 1986.

COBUS, D. *Produção de biodiesel por transesterificação utilizando banho ultrassônico*. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019.

GUERRA, J.; OÑA, M. Obtención de aceite de vísceras de pescado, caracterización de los ácidos grasos presentes y su efecto en la alimentación de pollos parrilleros y trucha arco-íris. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agropecuária) – Sangolquí (Equador), 2009.

LOPES, A. C. O. Estudo das Variáveis de Processo na Produção e na Purificação do Biodiesel de Soja via Rota Etlílica. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.

MA, F. e HANNA, M.A., “Biodiesel production: a review”. Bioresource Technology. v. 70, p. 1-15, 1999.

MURAYAMA, T., “Evaluating vegetable oils as a diesel fuel”, Inform, v.5, n.10, 1994.

NETO, B. B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. Como fazer experimentos – pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. Ed. Unicamp: Campinas, 2001.

SILVA, M. J. Diversidade e conservação da ictiofauna das bacias envolvidas no Projeto de Transposição do rio São Francisco. Tese (Doutorado em Sistemática e Evolução) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.