

## Avaliação do processo de produção de biodiesel etílico utilizando co-solvente

## Evaluation of the ethyl biodiesel production process using co-solvent

### RESUMO

Ana Paula de Oliveira Gonçalves  
[agoncalves@alunos.utfpr.edu.br](mailto:agoncalves@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Erica Roberta Lovo da Rocha Watanabe  
[ericawatanabe@utfpr.edu.br](mailto:ericawatanabe@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Priscilla dos Santos Gaschi Leite  
[priscillaleite@utfpr.edu.br](mailto:priscillaleite@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

A inserção dos biocombustíveis na matriz energética mundial se apresenta como uma solução frente aos problemas econômicos, ligados ao petróleo, e também ambientais, relacionados à poluição e ao aquecimento global. O incentivo à produção de biodiesel pode ser observado em diversos países, assim como no Brasil, onde sua implementação vem sendo realizada de maneira gradual, através da obrigatoriedade de um percentual do biocombustível no diesel fóssil. A ampla variedade de matérias-primas disponíveis para aplicação, como também o gasto de energia requerido no processo de produção do biodiesel, são objetos de estudo para obtenção de um produto final de melhor qualidade e também da redução de custos do processo. Este trabalho apresenta o estudo da produção de biodiesel através da transesterificação etílica, catalisada por hidróxido de potássio (KOH), aplicando o uso de um banho ultrassônico e utilizando o próprio biodiesel como co-solvente. As conversões obtidas nas amostras com adição de co-solvente foram satisfatórias quando comparadas àquelas produzidas normalmente, assim como a proporção de catalisador utilizada e o emprego do ultrassom.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biocombustíveis. Catalisadores. Ultrassom.

### ABSTRACT

The insertion of biofuels into the world's energy matrix presents itself as a solution for the economic problems, related to petroleum, and also to the environmental problems, related to pollution and global warming. The encouragement to the production of biodiesel can be observed in several countries, as well as in Brazil, where its implementation has been carried out gradually, through the obligation of a percentage of biofuel in fossil diesel. The wide variety of raw materials available for application, as well as the energy expenditure required in the biodiesel production process, are objects of study aiming to obtain a final product of better quality and also reducing the costs of its process. The present paper carries the study of biodiesel production through ethyl transesterification, catalyzed by potassium hydroxide (KOH), applying the use of an ultrasonic bath and using biodiesel itself as a co-solvent. The conversions obtained in the samples with the addition of co-solvent were satisfactory when compared to those normally produced, as well as the proportion of catalyst used and the ultrasound application.

**KEYWORDS:** Biofuels. Catalysts. Ultrasound.

**Recebido:** 19 ago. 2020.

**Aprovado:** 01 out. 2020.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

A matriz energética mundial, que representa o conjunto de todas as fontes de energia disponíveis, é predominantemente composta por combustíveis fósseis. Porém a alta no valor do petróleo e também questões ambientais, como o efeito estufa, vêm favorecendo a expansão do mercado de combustíveis de fontes renováveis. No Brasil, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) foi criado pelo governo federal, em 2004, com o objetivo de introduzir gradativamente o biodiesel na matriz do país. Em 2008, entrou em vigor a obrigatoriedade do percentual de 2% de biodiesel no diesel fóssil, disposto pela lei nº11.097/2005, valor que deve alcançar 15% até 2023 (BRASIL, 2005). A partir de março de 2020, através da resolução nº16 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), ficou determinado o incremento de 1% no percentual mínimo exigido, sendo a partir de então 12% (CNPE, 2018).

O território brasileiro apresenta uma ampla diversidade de matérias-primas para produção de biodiesel, porém o emprego de cada uma reflete diretamente no rendimento do processo e na qualidade do produto final. A metodologia mais utilizada para produção deste biocombustível é a transesterificação em meio alcalino homogêneo, onde ocorre a mistura de óleos ou gorduras (triglicerídeos), álcool (metanol ou etanol) e um catalisador. Os catalisadores básicos mais aplicados são o hidróxido de sódio (NaOH) e o hidróxido de potássio (KOH), pois resultam em altos rendimentos com baixo tempo de reação, entretanto, podem favorecer a formação de sabão. O emprego do metanol é mais comum no mundo inteiro, devido seu aspecto econômico e produtivo, pois o etanol resulta em menores conversões, devido às interações no processo, fator que pode ser corrigido com o seu uso em excesso (RAMOS et al., 2017).

Os reagentes são parcialmente imiscíveis, o que gera como consequência um tempo maior de reação, resultando em mais gasto de energia. Estes fatores, juntamente com a variedade de possibilidades para produção de biodiesel, resultam em uma grande atividade de pesquisa (RAMOS et al., 2011). O emprego do banho ultrassônico aumenta o contato entre as fases dos reagentes, pois provoca cavitação através da transferência de uma frequência de vibração (ultrassom) gerada por um transdutor, facilitando a reação, causando uma diminuição no tempo e energia utilizados (RODRIGUES et al., 2009). O uso de co-solventes também proporciona maior solubilidade à reação, aumentando a transferência de massa entre o triglicerídeo e o álcool. Utilizando-se o próprio biodiesel como co-solvente, não há a necessidade da adição de uma etapa extra no processo para retirada deste aditivo, viabilizando ainda mais a produção (LAM e LEE, 2010). Visto isso, este trabalho tem como objetivo a análise do biodiesel produzido empregando banho ultrassônico e diferentes proporções de biodiesel como co-solvente.

## MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de biodiesel foram produzidas através da reação de transesterificação em meio alcalino homogêneo, com uso de banho ultrassônico com uma frequência de 25kHz, nos laboratórios do departamento de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Ponta Grossa, de

agosto de 2019 a março de 2020. Foram utilizados como reagentes o óleo de soja, da marca Leve, lote A1219, etanol e hidróxido de potássio (KOH).

Para o processo de produção de biodiesel sem co-solvente, primeiramente foi dissolvido 1% de KOH, em relação à massa de óleo, em etanol através de agitação mecânica sob aquecimento. Após completa dissolução, foi adicionado o óleo de soja, utilizando a razão molar de 10,2 mols de álcool para 1 mol de óleo, visto que é comum a utilização de etanol em excesso e esta razão molar utilizada se mostrou adequada em trabalhos anteriores (RODRIGUES et al., 2009). Misturado os reagentes e o catalisador, a solução foi colocada no ultrassom, com aquecimento de aproximadamente 40°C, por 60 minutos.

Decorrido este tempo, a amostra foi colocada em um funil de decantação para separação de fases. Após cerca de 24h em repouso, pode ser distinguido duas fases, uma com maior densidade, composta por glicerina, e uma fase leve, que foi transferida para um balão de fundo redondo para ser rotaevaporado para a retirada do etanol em excesso. O sistema do rotaevaporador é composto por um banho com aquecimento, onde sobre ele o balão com a amostra é rotacionado, acoplado a uma bomba de vácuo e um condensador, que diminuem a temperatura de ebulição do solvente, neste caso o álcool, facilitando sua extração.

Realizada esta etapa, a solução foi colocada novamente em um funil de decantação e após aproximadamente 24h, foi realizada a lavagem com água destilada em uma temperatura de cerca de 40°C. O procedimento de adicionar água ao funil e retirá-la foi repetido até ser observado que a água continuava límpida. A última fase do processo é a secagem, realizada para retenção da água presente no biodiesel, onde foi utilizado sulfato de sódio anidro. Primeiramente, a solução do funil de lavagem foi transferida para um béquer com uma camada do secante, após isso a solução resultante é submetida à filtragem simples com uma camada de sulfato de sódio anidro, tendo como produto final o biodiesel. Todos os procedimentos foram realizados quatro vezes, com a finalidade de obter biodiesel para análise de suas propriedades e posterior utilização como co-solvente.

Após a produção destas amostras, seguiu-se a produção do biodiesel com co-solvente. Este processo é muito semelhante ao apresentado anteriormente. Inicialmente, o catalisador (KOH) é dissolvido em etanol, sob aquecimento e agitação, e após isso o óleo é adicionado. As proporções utilizadas foram também de 1% de catalisador em relação à massa de óleo e a razão molar de 10,2:1. A próxima etapa é a adição de co-solvente, neste caso, o biodiesel já produzido. As proporções utilizadas foram variadas de 10% a 25% em relação à massa de óleo de soja, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Proporção de co-solvente utilizada em cada amostra

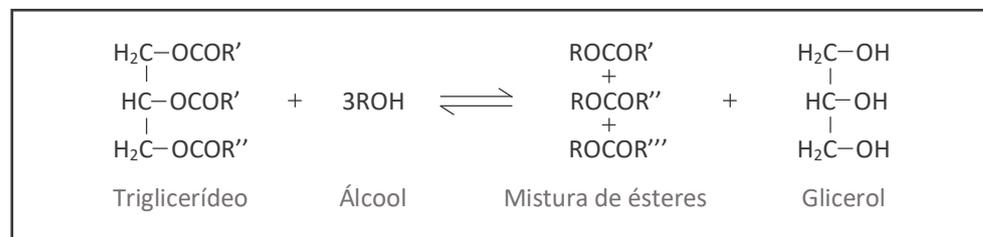
Amostra	Co-solvente (%)
1b	10
2b	15
3b	20
4b	25

Fonte: Autoria própria (2020).

Após a adição de co-solvente, a solução foi submetida ao banho ultrassônico sob aquecimento de cerca de 40°C, por 60 minutos, e ficou em repouso em um funil de decantação por aproximadamente um dia para posterior retirada da camada de glicerina. A fase leve pode ser assim então rotaevaporada para recuperação do etanol, e a solução resultante foi lavada com água destilada aquecida e secada com sulfato de sódio anidro para obtenção do biodiesel.

Para o cálculo da conversão final de todas as amostras, foi utilizado a relação estequiométrica da reação de transesterificação, que pode ser observada na Figura 1. A massa de óleo de soja inicial e de biodiesel final foram transformadas em mols através das suas respectivas massas moleculares e aplicadas na Equação (1) para obtenção da conversão. Nas amostras produzidas com co-solvente, deve-se descontar o valor da massa de biodiesel adicionada do valor obtido no final da reação.

Figura 1 – Reação de transesterificação de um triglicerídeo



Fonte: Autoria própria (2020).

$$\text{Conversão (\%)} = \frac{(\text{mols que reagiram})}{(\text{mols que deveriam reagir})} \times 100 \quad (1)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras foram produzidas conforme descrito anteriormente, primeiramente sem adição de co-solvente, e os resultados obtidos encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Conversão das amostras de biodiesel produzidas sem co-solvente

Amostra	Conversão (%)
1a	71,23
2a	78,53
3a	76,22
4a	75,66
Média	75,41

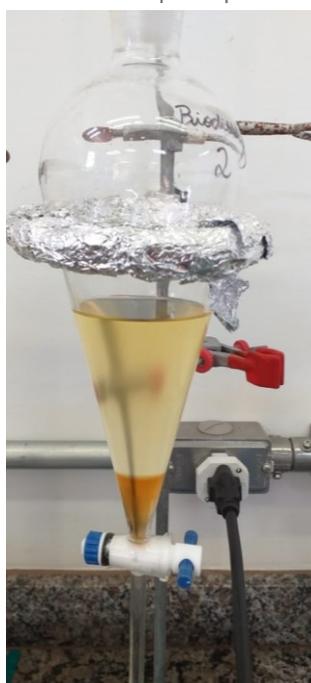
Fonte: Autoria própria (2020).

A média das conversões obtidas pode ser comparada aos estudos apresentados por Cobus e Prado (2019), onde aplicando condições semelhantes, diferindo apenas na quantidade de catalisador utilizada (0,35%), alcançaram uma conversão de 51,43%, assim, pode-se perceber que a proporção de catalisador empregada (1%) influenciou positivamente na reação, aumentando a conversão final. Porém Rodrigues et al. (2009) obteve um rendimento de 91,8% com apenas

0,35% de catalisador, mas utilizando um banho ultrassônico com frequência de 40kHz, superior à aplicada neste trabalho, que justifica esta diferença na conversão, pois gera maior cavitação e conseqüentemente aumenta o contato entre as fases durante a reação.

Um fator observado durante a produção de todas as amostras foi a ocorrência da distinção de fases após o processo de rotaevaporação, onde uma camada de glicerina se formou novamente e teve que ser retirada, como mostra a Figura 2. A amostra 1a teve um tempo menor de repouso antes da lavagem, diferentemente das demais, o que pode ter influenciado na sua taxa final de conversão, evidenciando a importância deste intervalo entre as etapas.

Figura 2 – Amostra de biodiesel após o processo de rotaevaporação



Fonte: Autoria própria (2020).

Após a produção das amostras de biodiesel, estas foram aplicadas como co-solvente, como a metodologia apresentada, e os resultados obtidos encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Conversão das amostras de biodiesel produzidas com co-solvente

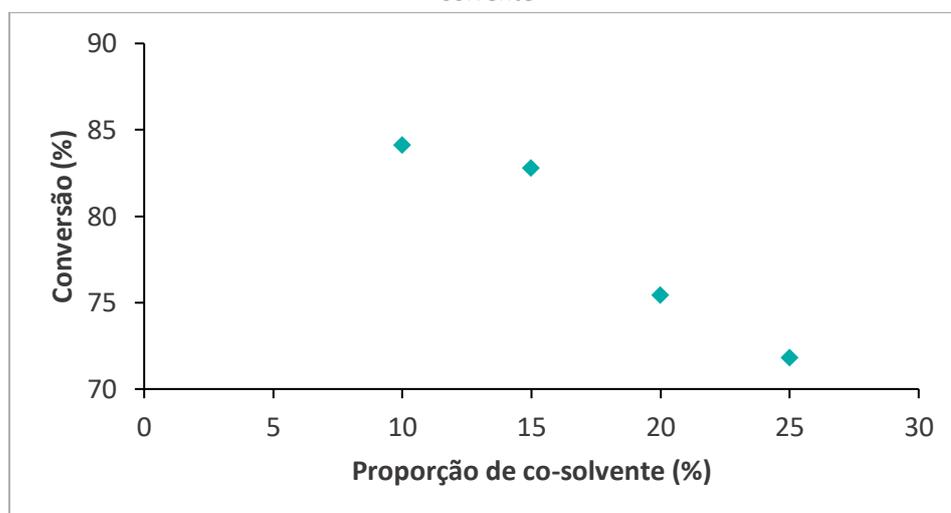
Amostra	Conversão (%)
1b	84,11
2b	82,76
3b	75,42
4b	71,81

Fonte: Autoria própria (2020).

Ao compararmos os dados acima com a conversão média do biodiesel produzido sem co-solvente (75,41%), as amostras 1b e 2b, com 10% e 15% de co-solvente, respectivamente, apresentaram rendimentos significativamente

maiores. Cobus e Prado (2019) obtiveram uma conversão de 55,75% com uma proporção de 10% de biodiesel como co-solvente, valor bem abaixo do resultado deste trabalho (84,11%). Esta diferença pode ser explicada pelo co-solvente utilizado, pois a conversão do biodiesel produzido anteriormente e empregado nesta etapa foi mais alta que a de Cobus e Prado, como foi apresentado nos resultados obtidos nas amostras sem adição de co-solvente. Através do rendimento de cada amostra, foi construído um gráfico para observação do comportamento da conversão para cada proporção utilizada, que pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 – Comportamento da conversão com a aplicação de diferentes proporções de co-solvente



Fonte: Autoria própria (2020).

Analisando os dados da Tabela 3, podemos notar que a conversão decai conforme há um aumento na proporção de co-solvente aplicada, o que é evidenciado pela Figura 3. Simonelli, Pires e Santos (2018) utilizaram frações de 5% a 10% de biodiesel como co-solvente na produção através do processo convencional, obtendo um aumento de rendimento proporcional à quantidade de co-solvente empregada, caso contrário do que ocorreu neste experimento, demonstrando a necessidade de maior investigação. O valor máximo de conversão foi obtido com a menor proporção de co-solvente utilizada neste trabalho, sendo um ponto positivo, pois não necessita de grande produção para esta finalidade em específico. A caracterização do biodiesel, através da análise de densidade e cromatografia gasosa, não pode ser efetuada devido à suspensão do calendário acadêmico.

## CONCLUSÃO

A proporção de catalisador empregada apresentou bons resultados, visto que sua aplicação pode interferir negativamente no processo, através da formação de sabão, mostrando ser um valor relevante para uso. A influência da utilização do banho ultrassônico também pode ser observada, pois a frequência fornecida ao processo afetou a conversão final, o que era esperado, pois quanto maior a frequência do ultrassom, maior a geração de bolhas dadas pela cavitação, fazendo

com que o contato entre as fases aumente, diminuindo o tempo e o uso de energia da reação, e resultando em maiores conversões.

As conversões obtidas nas amostras com adição do próprio biodiesel como co-solvente foram significativamente maiores que a média das amostras sem co-solvente, apresentando a relevância de sua aplicação. Porém ao analisarmos a proporção de co-solvente empregada e as respectivas conversões finais, nota-se que a relação entre estes dois fatores não é proporcional no intervalo estudado, evidenciando a necessidade de mais estudos com a aplicação de diferentes frações.

A produção de biodiesel por transesterificação utilizando banho ultrassônico com adição de co-solvente apresentou resultados relevantes neste trabalho, demonstrando que a aplicação desta metodologia pode favorecer a obtenção deste biocombustível e também, a importância de mais estudos dentro desta área, além da caracterização através dos padrões de qualidade, como massa específica e densidade, e da análise por cromatografia gasosa, que não puderam ser concluídas.

### REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei n. 11.097**, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. Disponível em:  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/lei/l11097.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11097.htm).  
Acesso em: 16 jul. 2020.

COBUS, D.; PRADO, G. G. do. **Produção de biodiesel por transesterificação utilizando banho ultrassônico**. 2019. 36 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019. Disponível em:  
<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/12166>. Acesso em: 22 jun. 2020.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA - CNPE. **Resolução nº 16**, de 29 de outubro de 2018. Dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional. Disponível em:  
[http://www.mme.gov.br/documents/36074/265770/Resolucao\\_16\\_CNPE\\_29-10-18.pdf/03661cf7-007d-eb99-10b4-61ee59c30941](http://www.mme.gov.br/documents/36074/265770/Resolucao_16_CNPE_29-10-18.pdf/03661cf7-007d-eb99-10b4-61ee59c30941). Acesso em: 16 jul. 2020.

LAM, M. K.; LEE, K. T. Accelerating transesterification reaction with biodiesel as co-solvent: A case study for solid acid sulfated tin oxide catalyst. **Fuel**. v. 89, n. 12, p. 3866- 3870, 2010. Disponível em:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236110003522>.  
Acesso em: 15 jul. 2020.

RAMOS, L. P. et al. Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis. **Revista Virtual de Química**. v. 9, n. 1, p. 317-369,

2017. Disponível em:

<http://static.sites.sbg.org.br/rvq.sbg.org.br/pdf/v9n1a20.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2020.

RAMOS, L. P. et al. Tecnologias de Produção de Biodiesel. **Revista Virtual de Química**. v. 3, n. 5, p. 385-405, 2011. Disponível em:

<https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/1285870/52/Tecnologiasdeproducaodebiodiesel.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2020.

RODRIGUES, S. et al. Optimization of the production of ethyl esters by ultrasound assisted reaction of soybean oil and ethanol. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 26, n. 2, p. 361-366, 2009. Disponível em:

<https://www.scielo.br/pdf/bjce/v26n2/v26n2a13.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2020.

SIMONELLI, G; PIRES, C. A. M; SANTOS, L. C. L. **Adição de substância tensoativa e cosolvente na transesterificação de óleo de soja**, p. 132-135. In: São Paulo:

Blucher, 2018. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/adio-de-substancia-tensoativa-e-cosolvente-na-transesterificao-de-leo-de-soja-28440>. Acesso em: 15 jul. 2020.