

# Produção em escala laboratorial de biodiesel por transesterificação básica de óleo de soja

GODINHO, Emmanuel Zullo  
BARREIROS, Ricardo Marques

## Resumo

O biodiesel é um combustível alternativo e biodegradável, constituído quimicamente por uma mistura de ésteres monoalquílicos de ácidos graxos proveniente de lipídeos que podem ser obtidos a partir da produção comercial de óleos, gorduras animais e vegetais (fontes renováveis). Diante disso, o objetivo do trabalho foi produzir biodiesel a partir da transesterificação do óleo de soja com metanol catalisada por uma base de hidróxido de sódio NaOH. A produção desse biocombustível em escala laboratorial se deu por um processo de transesterificação básica do óleo de soja em rota metílica, tendo como catalisador o Hidróxido de Sódio (NaOH). Inicialmente realizou-se a análise do índice acidez do óleo bruto para calcular a quantidade certa de NaOH a ser inserido no processo. Com a produção de uma solução de Metóxido de sódio foi dado sequência na realização da reação de transesterificação e assim produção do respectivo biocombustível. A constatação de sua efetiva produção através desta metodologia se deu a partir da formação um sistema bifásico bem definido. Procedeu-se à separação das fases inferior (glicerina) e superior (biodiesel). A partir de 150 mL de óleo de soja conseguiu-se produzir no final do processo 153mL de biodiesel purificado. Seu índice de acidez foi de 2,603865 mg NaOH g<sup>-1</sup> de gordura. Esses dados demonstraram que a transesterificação básica por rota metílica desencadeou a produção de ésteres etílicos (biodiesel) e glicerina e mesmo depois de um processo de lavagem o biodiesel continuou apresentando elevados índices de acidez.

**Palavras-chave:** Índice de acidez; Biocombustíveis; Energias renováveis; Hidróxido de sódio (NaOH).

## Abstract

Biodiesel is an alternative and biodegradable fuel, chemically constituted by a mixture of monoalkyl esters of fatty acids from lipids that can be obtained from the commercial production of oils, animal, and vegetable fats (renewable sources). Therefore, the objective of this work was to produce biodiesel from the transesterification of soybean oil with methanol catalyzed by a sodium hydroxide NaOH base. The production of this biofuel on a laboratory scale took place through a basic transesterification process of soybean oil in a methyl route, using sodium hydroxide (NaOH) as a catalyst. Initially, the analysis of the acidity index of the crude oil was carried out to calculate the right amount of NaOH to be inserted in the process. With the production of a sodium methoxide solution, the transesterification reaction was carried out and thus production of the respective biofuel. The verification of its effective production through this methodology came from the formation of a well-defined biphasic system. The lower (glycerin) and upper (biodiesel) phases were separated. From 150 mL of soybean oil, it was possible to produce 153 mL of purified biodiesel at the end of the process. Its acid number was 2.603865 mg NaOH g<sup>-1</sup> of fat. These data demonstrated that the basic transesterification by methyl route triggered the production of ethyl esters (biodiesel) and glycerin and even after a washing process the biodiesel continued to show high levels of acidity.

**Keywords:** Acidity index; Biofuels; Renewable energy; Sodium hydroxide (NaOH).

## Resumen

El biodiesel es un combustible alternativo y biodegradable, constituido químicamente por una mezcla de ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de lípidos que se pueden obtener de la producción comercial de aceites, grasas animales y vegetales (fuentes renovables). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue producir biodiesel a partir de la transesterificación de aceite de soja con metanol catalizada por una base de hidróxido de sodio NaOH. La producción de este biocombustible a escala de laboratorio se llevó a cabo mediante un

proceso básico de transesterificación de aceite de soja por vía metilo, utilizando hidróxido de sodio (NaOH) como catalisador. Inicialmente se realizó el análisis del índice de acidez del crudo para calcular la cantidad adecuada de NaOH a insertar en el proceso. Con la producción de una solución de metóxido de sodio se llevó a cabo la reacción de transesterificación y con ello la producción del respectivo biocombustible. La verificación de su producción efectiva a través de esta metodología provino de la formación de un sistema bifásico bien definido. Se separaron las fases inferior (glicerina) y superior (biodiesel). A partir de 150 mL de aceite de soja, fue posible producir 153 mL de biodiesel purificado al final del proceso. Su índice de acidez fue de 2.603865 mg NaOH g<sup>-1</sup> de grasa. Estos datos demostraron que la transesterificación básica por la ruta del metilo desencadenó la producción de ésteres etílicos (biodiesel) y glicerina e incluso después de un proceso de lavado el biodiesel continuó mostrando altos niveles de acidez.

**Palabras clave:** Índice de acidez; biocombustibles; Energías renovables; Hidróxido de sodio (NaOH).

## INTRODUÇÃO

O Biodiesel é um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis, que pode ser obtido por três diferentes processos, como a hidroesterificação, a esterificação ou pela transesterificação (Rezende *et al.*, 2021). Esta última, mais utilizada, consiste numa reação química de óleos vegetais ou de gorduras animais com o álcool comum (etanol) ou o metanol, estimulada por um catalisador ácido, básico ou enzimático (Shrivastava *et al.*, 2020).

Desse processo também se extrai a glicerina, empregada para fabricação de sabonetes e diversos outros cosméticos, há dezenas de espécies vegetais no Brasil das quais se podem produzir o biodiesel, tais como mamona, dendê (palma), girassol, babaçu, amendoim, pinhão manso, soja e muitas outras utilizadas em menor quantidade e conforme a região (Oliveira *et al.*, 2013).

O biodiesel substitui total ou parcialmente o óleo diesel de petróleo em motores ciclodiesel automotivos ou estacionários e pode ser usado puro ou misturado ao diesel em diversas proporções (Santos *et al.*, 2015). Atualmente as normas brasileiras estipulam que a quantidade mínima de Biodiesel inserido no Diesel seja de 8%, e esse número aumentou em 10% até março de 2019 (Milanez *et al.*, 2022).

O biocombustível possui vantagens frente ao diesel de petróleo, pois apresenta queima mais limpa, é mais biodegradável, menos tóxico e livre de compostos sulfurados e aromáticos, com isso, os países estão investindo em novas práticas que possam vir a produzir um combustível de boa qualidade e com menor impacto ambiental (Puri; Abraham; Barrow, 2012).

No Brasil, o Biodiesel surgiu especificamente em 1970, com uma patente criada pela Universidade Federal do Ceará, e hoje conta com mais de 50 indústrias capazes de produzir e comercializar o Biodiesel (Dutta; Daverey; Lin, 2014). Esse grande crescimento se deu a partir de 2003, quando os primeiros estudos foram realizados para que o Biodiesel fosse incluído na matriz energética brasileira, com a criação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) (Goldemberg, 2009).

Com isso, o Biodiesel adquire muita importância, pois com a criação do programa, o Brasil até 2011 tinha deixado de importar aproximadamente 8 bilhões de litros de diesel, com uma economia de mais de 5 bilhões de dólares, além disso, com os processos produtivos, é feita uma inclusão da agricultura familiar em que de 2006 até 2011 gerou mais de 3 bilhões de reais para as 100 mil famílias cadastradas no programa (BIODIESELBR, 2022).

A principal matéria-prima utilizada é a soja, mesmo não tendo em sua composição uma elevada produtividade de lipídeos, mais por estar presente produtivamente em larga escala no país,

e este fato agrega a utilização do seu óleo nesse processo produtivo do Biodiesel (Ribeiro; Dias, 2016).

Diante disso, o objetivo do trabalho foi produzir biodiesel a partir da transesterificação do óleo de soja com metanol catalisada por uma base de hidróxido de sódio NaOH.

## **METODOLOGIA**

Foi conduzido o experimento no laboratório de química aplicada da Universidade Federal do Paraná UFPR, no município de Palotina, de Latitude Sul 24°20'49" e de Longitude Oeste 53°45'19".

Para a realização dos experimentos foram utilizados como reagentes óleo de soja comercial e hidróxido de sódio NaOH, o experimento foi desenvolvido do mês de março de 2018, em quadruplicata.

### **Determinação do índice de acidez do óleo**

Foram coletadas quatro amostras de óleo de soja e pesadas em erlenmeyer de 250 mL, as amostras (1; 2; 3 e 4) tiveram os pesos de 2,0190 g; 2,0194 g; 2,0192 g e 2,0190 g, respectivamente. A cada um dos erlenmeyer foram adicionados 25 mL da solução éster-álcool (2:1) e duas gotas do indicador (fenolftaleína 1%). Em sequência ocorreu a titulação com hidróxido de sódio NaOH a 0.1 M até o aparecimento da coloração rósea, sendo o volume da base gasto o fim da titulação para a amostra 1: 0,2 mL NaOH, amostra 2: 0,3 mL NaOH, amostra 3: 0,4 mL NaOH e 0,5 mL NaOH. Após as conversões matemáticas, utilizando simples regra de três, aplicou-se o cálculo de acidez, conforme equação 1, (Neris *et al.*, 2015).

$$I_A = \frac{\text{massa}_{base}}{\text{massa}_{gordura}} \quad 01$$

Assim, para a massa da base a unidade é (mg) e para a gordura (g).

### **Preparo da solução de Metóxido de Sódio NaOCH<sub>3</sub>**

Em cada erlenmeyer de 250 mL foi dissolvido 0,5% em massa de NaOH com razão molar metanol/óleo de 9:1 até completar a dissolução do NaOH. Posterior, os erlenmeyers foram cobertos com papel alumínio até o final da dissolução, conforme (Rodrigues *et al.*, 2018).

## **Produção de Biodiesel**

Logo após para a reação de transesterificação foi adicionado 150 mL de óleo em um balão de 250 mL e aquecido em banho-maria, sob agitação com o auxílio de uma barra magnética até atingir a temperatura de 45°C, em seguida adicionado à solução de Metóxido de Sódio NaOCH<sub>3</sub> (62 mL). Depois da adição a mistura reacional permaneceu por 50 minutos a 45°C sob agitação.

Depois de 50 minutos em agitação a mistura reacional foi transferida para um funil de separação, onde permaneceu por aproximadamente 25 minutos, com o intuito de permitir a decantação e separação das fases: superior contendo biodiesel e inferior composta de glicerol. Após o tempo esperado pode-se observar os seguintes valores: Glicerol: 34 mL e Biodiesel: 171 mL.

Após a separação das fases do biodiesel, ele retornou para o funil de separação e foi lavado com 75 mL de solução aquosa de ácido clorídrico HCL a 0,5% (v/v) e em seguida foi feita a lavagem com 75 mL de solução saturada de cloreto de sódio NaCl. Tendo esse processo como objetivo a retirada do catalisador, neutralizar a acidez e retirar os resíduos do processo de produção. A lavagem foi realizada evitando a agitação para que não fosse formada uma emulsão, dificultando assim separação da solução com o biodiesel. Por fim o biodiesel foi lavado com 75 mL de água destilada.

## **Determinação do índice de acidez do Biodiesel**

Foram coletadas quatro amostras do biodiesel produzido e pesadas com a utilização de erlenmeyer de 250mL. A cada um dos erlenmeyers foram adicionados 25 mL da solução éster-álcool (2:1) e duas gotas do indicador (fenolftaleína 1%). Em sequência ocorreu a titulação com hidróxido de sódio 0.1 M até o aparecimento da coloração rósea, sendo o volume da base gasto o fim da titulação para a amostra 1: 0,2 mL NaOH, amostra 2: 0,15 mL NaOH, amostra 3: 0,1 mL NaOH e 0,075 mL NaOH.

## **Análise estatística**

Para a análise estatística dos experimentos foi utilizado o software Matlab 2022b, sob licença do grupo de pesquisa Agroenerbio da FZEA/USP. Foram determinados pelo programa a estimativa dos efeitos principais e de interação entre as variáveis por meio de Análise de Variância (ANOVA), juntamente com os gráficos dos efeitos e análise de resíduos. O nível de significância utilizado nas análises estatísticas foi de 5% ( $\alpha = 0,05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Acidez do óleo

O índice de acidez é uma propriedade que exerce maior influência na produção de biodiesel através da reação de transesterificação catalisada por uma base. Um teor de ácidos graxos livres (AGL) maior que 0,5% limitam o processo de catalise homogênea para obtenção de biodiesel. A Tabela 1 ilustra os resultados do índice de acidez revelados para a matéria-prima da oleaginosa utilizada no decurso deste trabalho.

Tabela 1. Valores de acidez de óleo

	Massa (g)	Massa NaOH (mg)	IA (mg NaOH g <sup>-1</sup> gordura)
<b>Amostra 1</b>	2,01900	8,0	3,962358
<b>Amostra 2</b>	2,01940	6,0	2,979146
<b>Amostra 3</b>	2,01920	4,0	1,988072
<b>Amostra 4</b>	2,01900	3,0	1,485884
<b>Média</b>	2,01915	5,25	2,603865
<b>CV (%)</b>			17,34
<b>R<sup>2</sup></b>			0,983 ou 98,30%

Legenda: g: gramas; mg: miligramas; NaOH: hidróxido de sódio; IA: índice de acidez.

Na Tabela 1, observou-se que entre as massas de NaOH estudadas, o maior IA foi quando foi utilizado uma massa de 8,0 mg de NaOH com 3,962358 mg g<sup>-1</sup> de gordura. Sendo que o IA é um parâmetro qualitativo que revela a quantidade de ácidos graxos livres (AGL) oriundos do processo de hidrólise dos glicerídeos.

Alguns autores explicam que a acidez livre provinda da hidrólise dos glicerídeos pode ser considerada uma propriedade intrínseca de um determinado óleo e está intimamente relacionado com a natureza e qualidade da matéria-prima do óleo (Moretto *et al.*, 2002).

Segundo Sebastião *et al.*, (2018) a acidez de óleos vegetais pode aumentar quando armazenado por um determinado tempo, isto porque internamente continua ocorrendo reações de oxidação e hidrólise dos ácidos graxos livres e consequentemente poderá comprometer o aroma, a sua cor e o seu sabor.

## Produção de Biodiesel

O biodiesel foi obtido com sucesso em escala laboratorial contemplando a proposta inicial do projeto. A obtenção dos produtos ocorreu de acordo com o previsto, formando-se um sistema bifásico bem definido. Procedeu-se à separação das fases inferior (glicerina) e superior (biodiesel).

A glicerina é um produto de valor comercial e que possui inúmeras aplicações industriais, porém a glicerina obtida no processo de produção do biodiesel apresenta-se mais escura e contendo algumas impurezas (Oliveira *et al.*, 2013). Sendo assim, há um grande interesse na sua purificação e no seu reaproveitamento, o que já vem sendo estudado, pois isto levaria à viabilização do processo, permitindo que o biodiesel se torne competitivo no mercado de combustíveis.

Os volumes da produção do biodiesel estão representados na Tabela 2.

**Tabela 2. Valores da produção de Biodiesel**

<b>Produtos</b>	<b>Volume (mL)</b>
Volume de Óleo	150,00
Volume de Metanol	61,59
Volume Glicerina Bruta	34,00
Volume de água de lavagem	76,50
Volume de biodiesel bruto	171,00
Volume de biodiesel purificado	153,00

Galvan *et al.* (2014) asseguraram que é necessário estabelecer padrões de qualidade na produção do biodiesel, onde possam limitar o máximo de contaminantes que não venham prejudicar: a qualidade das emissões da queima, o desempenho, a integridade do motor e a segurança no transporte e manuseio.

## Índice de acidez do Biodiesel

O índice de acidez (IA) é definida como o número de miligramas de hidróxido de potássio necessário para neutralizar um grama da amostra, sendo que em altos teores de acidez ou de água podem dificultar ou mesmo inviabilizar o processo (Ramos *et al.*, 2015). Óleos com acidez elevada, se aplicados diretamente no processo de transesterificação etílica não apresentam separação de fases, éster e glicerina, mesmo com a remoção do excesso de álcool. Tal comportamento se dá, possivelmente pelo consumo da quantidade de catalisador aplicada que age na redução da acidez, não resultando em quantidade suficiente para catalisar com eficiência o processo catalítico de reação (Ramos *et al.* 205).

Para a redução deste índice no biodiesel produzido, adicionou-se NaOH na mistura óleo/metanol e ocorreu a lavagem da mistura biodiesel/glicerol com NaCl, ainda assim apresentando valores elevados de acidez (Tabela 3), sendo o limite máximo estabelecido pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANPGB, 2023), 0,50 mg KOH/g.

Tabela 3. Valores de acidez de óleo

	Volume (mL)	Massa NaOH (mg)	IA (mg NaOH g <sup>-1</sup> gordura)
*tratamento <sup>1</sup>	2,0081	8,0	3,98325 <sup>a</sup>
*tratamento <sup>2</sup>	2,0181	6,0	2,89722 <sup>b</sup>
*tratamento <sup>3</sup>	2,0131	4,0	1,98201 <sup>b</sup>
*tratamento <sup>4</sup>	2,0135	3,0	1,48478 <sup>b</sup>
Média	2,01915	5,25	2,58681
CV (%)			19,03%
R <sup>2</sup>			0,82 ou 82,00%

Legenda: g: gramas; mg: miligramas; NaOH: hidróxido de sódio; IA: índice de acidez. \*média das 3 coletas de amostras de cada tratamento.

Letras diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Conforme Tabela 3, foi considerado apenas a comparação entre as médias dos tratamentos dentro dos resultados de produção de biodiesel, onde aplicou-se a ANOVA para comparar estatisticamente as médias entre si a um teste de Tukey a 5% de probabilidade. As letras “a” e “b” indicam que as médias são diferentes dentro dos tratamentos. Analisando-se os resultados obtidos neste trabalho, verifica-se quando utilizado 8 mg de NaOH o índice de acidez foi bem superior em relação aos outros tratamentos. Corroborando (Lobo; Ferreira; Cruz, 2009) declaram que o monitoramento da acidez no biodiesel é de grande importância durante a estocagem, na qual a alteração dos valores neste período pode significar a presença de água. Além disso, pode se observar (Tabela 3), algumas médias no teor de acidez variaram tanto em decorrência da dosagem do NaOH como no volume coletado do óleo.

O coeficiente de variação CV nesta pesquisa (Tabela 3), apresentou um valor acima 15%, representando resultados medianos conforme descrito por (Mohallem *et al.*, 2008), em que apresenta uma faixa de CV importante aplicado na agropecuária, considerado baixos quando dados inferiores de CV estão abaixo de 10%, médios entre 10 e 20%, altos entre 20 e 30% e muito altos se superiores a 30%.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de biodiesel como combustível tem apresentado um potencial promissor no mundo inteiro. Em primeiro lugar, pela sua enorme contribuição ao meio ambiente, com a redução

Bioenergia em revista: diálogos, ano/vol. 13, n. 2, jul./dez. 2023. P. 45-55

*Produção em escala laboratorial de biodiesel por transesterificação básica de óleo de soja*

Godinho, Emmanuel Zullo; Barreiros, Ricardo Marques

qualitativa e quantitativa dos níveis de poluição ambiental, e, em segundo lugar, como fonte estratégica de energia renovável. No presente experimento foi avaliada a produção laboratorial do biodiesel.

Quanto aos parâmetros referentes à qualidade do biodiesel, pode-se ter uma primeira análise geral e visual positiva com dados confirmando que o aumento da dosagem do reagente NaOH em mg pode aumentar a acidez e com isso pode agravar a estabilização do produto armazenado, porém para comprovação desse fato seria necessário outras análises e testes qualitativos do produto.

## REFERÊNCIAS

ANPGB, A. N. DO P. G. N. E B. *Biodiesel*. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel>. Acesso em: 28 may. 2023.

BIODIESELBR. *Produção de biodiesel no Brasil encolheu 7% em 2022*. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/usinas/producao/producao-de-biodiesel-no-brasil-encolheu-7-em-2022-030223>. Acesso em: 21 may. 2023.

DUTTA, K.; DAVEREY, A.; LIN, J. G. Evolution retrospective for alternative fuels: First to fourth generation. *Renewable Energy*, v. 69, p. 114–122, 2014.

GALVAN, D. *et al.* Study of oxidation kinetics of B100 biodiesel from soybean and pig fat: activation energy determination. *Química Nova*, v. 37, n. 2, p. 244–248, 2014.

GOLDEMBERG, J. Biomassa e energia. *Química Nova*, v. 32, n. 3, p. 582–587, 2009.

LOBO, I. P.; FERREIRA, S. L. C.; CRUZ, R. S. DA. Biodiesel: Parâmetros de qualidade e métodos analíticos. *Química Nova*, v. 32, n. 6, p. 1596–1608, 2009.

MILANEZ, A. Y. *et al.* BIODIESEL AND RENEWABLE DIESEL IN BRAZIL: RECENT OVERVIEW AND PERSPECTIVES. *BNDES*, v. 28, n. 56, p. 41–71, 2022.

MOHALLEM, D. F. *et al.* Evaluation of the coefficient of variation as a precision measure in experiments with broilers. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 60, n. 2, p. 449–453, 2008.

MORETTO, E. *et al.* *Introdução à ciência de alimentos*. 2. ed. Florianópolis-SC: UFSC, 2002.

NERIS, A. M. *et al.* Avaliação de argilas pura e impregnada com SnO<sub>2</sub> como catalisador para a produção de biodiesel. *Cerâmica*, v. 61, n. 359, p. 323–327, 1 Jul. 2015.

OLIVEIRA, J. S. E. *et al.* Composição química da glicerina produzida por usinas de biodiesel no Brasil e potencial de uso na alimentação animal. *Ciência Rural*, v. 43, n. 3, p. 509–512, 2013.

PURI, M.; ABRAHAM, R. E.; BARROW, C. J. Biofuel production: Prospects, challenges and feedstock in Australia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 16, n. 8, p. 6022–6031, 2012.

Bioenergia em revista: diálogos, ano/vol. 13, n. 2, jul./dez. 2023. P. 45-55  
*Produção em escala laboratorial de biodiesel por transesterificação básica de óleo de soja*  
Godinho, Emmanuel Zullo; Barreiros, Ricardo Marques

RAMOS, L. P. *et al.* Esterificação e transesterificação simultâneas de óleos ácidos utilizando carboxilatos lamelares de zinco como catalisadores bifuncionais. *Química Nova*, v. 38, n. 1, p. 46–54, 1 Jan. 2015.

REZENDE, G. B. *et al.* Venturi: Hydrodynamic cavitation device to accelerate biodiesel synthesis. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 26, n. 1, p. 105–112, 1 Jan. 2021.

RIBEIRO, D. D.; DIAS, M. S. Efeitos do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel no território camponês em assentamento rural. *Interações (Campo Grande)*, v. 17, n. 1, p. 15–21, 10 Mar. 2016.

RODRIGUES, E. *et al.* Synthesis and characterization of hydrotalcite-hydroxyapatite material doped with carbon nanotubes and its application in catalysis of transesterification reaction. *Cerâmica*, v. 64, n. 370, p. 166–175, 1 Apr. 2018.

SANTOS, P. T. A. *et al.* Catalytic evaluation of  $ZnAl_2O_4$  and  $ZnAl_{1,9}Eu_{0,1}O_4$  spinels in the methanol transesterification of soybean oil. *Cerâmica*, v. 61, n. 357, p. 110–117, 1 Jan. 2015.

SEBASTIÃO, J. *et al.* Homogeneous esterification and transesterification of vegetable oils with high free fatty acids content. *Química Nova*, v. 41, n. 1, p. 10–16, 2018.

SHRIVASTAVA, P. *et al.* Experimental and empirical analysis of an IC engine operating with ternary blends of diesel, karanja and roselle biodiesel. *Fuel*, v. 262, n. X, p. 116608, 2020.

1 GODINHO, Emmanuel Zullo. Graduado em Engenharia Agrônômica pela Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista - ESAPP. Mestre em Bioenergia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE. Doutor em Agronomia na Universidade Estadual Paulista UNESP. Pós-doutorando em Engenharia de Biosistemas na Universidade de São Paulo USP. Pós-graduado pela Fundação Getúlio Vargas FGV-RJ com MBA em Gestão Internacional em Agribusiness. Pós-graduado em Docência no Ensino Superior e em Educação Especial e Inclusiva pela Faculdade Venda Nova do Imigrante - FAVENI. Graduado com Licenciatura em Matemática pela Universidade Federal Tecnológica do Paraná UTFPR e licenciado em Pedagogia pela Faculdade Intervale. Pós-graduando em Química na Universidade do ABC. Estudante de graduação em Licenciatura em Educação Física na Faculdade Venda Nova do Imigrante FAVENI. Docente da área técnica agro da ETEC Dona Sebastiana de Barros e do ensino superior na UNISAGRADO e Coordenador da Pós-Graduação ESG UNISAGRADO. Participo do grupo de pesquisa da Agroenerbio USP/UNESP. Conhecimento dos programas de estatística e modelagem matemática: Lógica fuzzy, Statistica, Action, Origin. Linha de pesquisa é ENERGIAS RENOVÁVEIS e LÓGICA FUZZY. Possui experiência como docente no ensino fundamental, médio, graduação e pós-graduação. [profemmanuelzullo@gmail.com](mailto:profemmanuelzullo@gmail.com)

2 BARREIROS, Ricardo Marques. Possui graduação em Engenharia Florestal (1996) pela Universidade Estadual Paulista - UNESP, mestrado (2000) e doutorado (2006) em Recursos Florestais pela Universidade de São Paulo - USP e Livre-Docência (2019) em Qualidade da Madeira pela Universidade Estadual Paulista - UNESP. Atualmente é Professor Associado da Universidade Estadual Paulista - UNESP/Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA)/Campus de Botucatu. É credenciado no Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da FCA, níveis mestrado e doutorado. Tem experiência na área de Recursos Florestais e Engenharia Industrial Madeireira, atuando principalmente nos seguintes temas: preservação da madeira, propriedades físicas e químicas da madeira, secagem da madeira, processamento mecânico da madeira, painéis de madeira, qualidade da madeira e matéria-prima para a indústria madeireira. [ricardo.barreiros@unesp.br](mailto:ricardo.barreiros@unesp.br)