



**VII CONGRESSO**

da Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação de

**Biodiesel**

Empreendedorismo e Inovação: Construindo um Futuro Competitivo para o Biodiesel

**04 a 07 de novembro de 2019**

Costão do Santinho Resort,  
**Florianópolis – SC**

**ANAIS**



Ficha Catalográfica: Maria José Ribeiro Betetto CRB 9/1.596

Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação de Biodiesel (7.: 2019: Florianópolis SC).

Resumos do 7º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação de Biodiesel, 04 a 07 de novembro de 2019 Florianópolis SC. / (Org.). Bruno Galvêas Laviola; Rafael Silva Menezes; Eduardo Soriano Lousada – Florianópolis SC: Costão do Santinho, 2019.

Disponível em: <https://www.congressobiodiesel.com.br/>

Encontro realizado nos dias 04 a 07 novembro de 2019, com o tema: “Empreendedorismo e inovação: construindo um futuro competitivo para o biodiesel”.

1. Bioeconomia. 2. Energia renovável. 3. Bicomcombustível. I. Laviola, Bruno Galvêas. II. Menezes, Rafael Silva. III. Lousada, Eduardo Soriano. IV. Título.

CDD: 633.85

# **COMISSÃO ORGANIZADORA**

## **COORDENAÇÃO GERAL**

Bruno Galvêas Laviola (Embrapa Agroenergia)

Rafael Silva Menezes (Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e  
Comunicações)

Eduardo Soriano Lousada (Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e  
Comunicações)

Guy de Capdeville (Embrapa Agroenergia)

Roberto Bianchini Derner (Universidade Federal de Santa Catarina)

Pedro Castro Neto (Universidade Federal de Lavras)

## **SECRETARIA EXECUTIVA E DE COMUNICAÇÃO**

Patrícia Dias Barbosa (Embrapa Agroenergia)

Lilian Matheus Silva (Embrapa Agroenergia)

Daniela Collares (Embrapa Agroenergia)

Gustavo de Lima Ramos (Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e  
Comunicações)

Daiana Bisognin Lopes (FB Eventos)

Aline Amorim Reis Correa Machado (Embrapa Agroenergia)

Leandro Santos Lobo (Embrapa Agronegia)

André Scofano Maia Porto (Embrapa Agroenergia)

## **COMISSÃO CIENTÍFICA**

### **HIDROCARBONETOS RENOVÁVEIS E BIOQUEROSENE**

Amanda Duarte Gondim (UFRN)

Nataly Albuquerque dos Santos (UFPB)

Carmen Luisa Barbosa Guedes (Universidade Estadual de Londrina)

## **MATÉRIAS-PRIMAS**

Antonio Carlos Fraga (UFLA)

Juliana Espada Lichston (UFRN)

Erina Vitório Rodrigues (UnB)

Letícia Jungmann Cançado (Embrapa Agroenergia)

Leo Duc Haa Carson Schwartzaupt da Conceição (Embrapa Cerrados)

Sérgio Delmar dos Anjos e Silva (Embrapa Clima Temperado)

Jorge Alberto de Gouvêa (Embrapa Trigo)

Humberto Ubelino de Sousa (Embrapa Meio Norte)

Cesar de Castro (Embrapa Soja)

Fábio Pinto Gomes (Universidade Estadual de Santa Cruz)

Marcelo Fidelis Braga (Embrapa Cerrados)

Maíra Milani (Embrapa Algodão)

## **PRODUÇÃO DE BIODIESEL**

Paulo Anselmo Ziani Suarez (UNB)

Simoni Margaretti Plentz Meneghetti (UFAL)

Donato Gomes Aranda (UFRJ)

Luiz Pereira Ramos (UFPR)

Rosenira Serpa da Cruz (UESC)

Thais Salum (Embrapa Agroenergia)

## **CARACTERIZAÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE**

Nelson Roberto Antoniosi Filho (UFG)

Simone Favaro (Embrapa Agroenergia)

Danilo Luiz Flumignan (IFMT)

## **ARMAZENAMENTO, ESTABILIDADE E PROBLEMAS ASSOCIADOS**

Eduardo Homem de Siqueira Cavalcanti (INT)

Iêda Maria Garcia dos Santos (UFPB)

Fátima Menezes Bento (UFRGS)

Maria Aparecida Ferreira César-Oliveira (UFPR)

## **COPRODUTOS E BIOPRODUTOS**

Cláudio José de Araújo Mota (UFRJ)

Sérgio Peres Ramos da Silva (UPE)

Simone Mendonça (Embrapa Agroenergia)

Félix Gonçalves de Siqueira (Embrapa Agroenergia)

João Ricardo Moreira de Almeida (Embrapa Agroenergia)

Silvia Belém Gonçalves (Embrapa Agroenergia)

Monica Caraméz Triches Damaso (Embrapa Agroenergia)

## **USO DE BIODIESEL**

Itânia Soares (Embrapa Agroenergia)

Aristeu Gomes Tininis (IFSP)

## **POLÍTICAS PÚBLICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Expedito José de Sá Parente Júnior (UFC)

Rosana Guiducci (Embrapa Agroenergia)

Alexandre Cardoso (Embrapa Agroenergia)

Gilmar Souza Santos (Embrapa Mandioca e Fruticultura)

Rafael Silva Menezes (Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e  
Comunicações)

## APRESENTAÇÃO

Este volume contém os resumos dos trabalhos técnico-científicos apresentados no VII Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação de Biodiesel, realizado na cidade de Florianópolis - SC, de 04 a 07 de novembro de 2019, no Costão do Santinho Resort.

Promovido pela Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação de Biodiesel e realizado pelo Ministério da Ciência, tecnologia, Inovações e Comunicações e Embrapa, a sétima edição do congresso traz como tema principal “Empreendedorismo e inovação: construindo um futuro competitivo para o biodiesel”. O evento tem, entre seus objetivos, promover a discussão sobre pesquisa, desenvolvimento e inovação na produção e no uso do Biodiesel além de abordar e incentivar o empreendedorismo no setor de Biodiesel.

Ao todo, foram aprovados 560 trabalhos científicos, assim distribuídos nas temáticas: Hidrocarbonetos Renováveis e Bioquerosene, matérias-primas, Produção de biodiesel, Caracterização e controle de qualidade, Armazenamento, Estabilidade e Problemas Associados, Coprodutos e bioprodutos, Uso de Biodiesel e Políticas públicas e desenvolvimento sustentável. O número significativo, assim como a qualidade dos trabalhos apresentados, permite discutir amplamente o tema central escolhido para nortear o evento.

Novamente agradecemos a cada congressista, patrocinadores e apoiadores que juntos contribuíram para o sucesso deste evento.

Os participantes tiveram a oportunidade de trocar informações com os diversos profissionais que ministraram as palestras e com colegas que trabalham com agentes de controle biológico de pragas e doenças no Brasil e em outras partes do mundo.

Foram apresentados 450 resumos de trabalhos em formato poster, abordando 11 áreas temáticas. Estes resumos estão publicados neste documento.

Mais uma vez agradecemos a todos os participantes, patrocinadores, palestrantes e comissão organizadora, que não mediram esforços e dedicação para que esta edição fosse um sucesso.

**Comissão Organizadora do Evento**



## Estimação de parâmetros cinéticos da hidrogenação de ésteres de soja catalisado por $\text{ReNb}_2\text{O}_5$

Germildo Juvenal Muchave (GreenTec-EQ/UFRJ, [germildomuchave@gmail.com](mailto:germildomuchave@gmail.com)), Leonardo Dantas de Souza Netto (PEQ/COPPE/UFRJ, [lnetto@peq.coope.ufrj.br](mailto:lnetto@peq.coope.ufrj.br)) João M. Almeida ([expmonnerat@gmail.com](mailto:expmonnerat@gmail.com)), Donato Alexandre Gomes Aranda (GreenTec-EQ/UFRJ, [donato.aranda@gmail.com](mailto:donato.aranda@gmail.com))

**Palavras Chave:** *estimação de parâmetros, particle swarm optimization, hidrogenação de ésteres, catálise heterogênea*

### 1 - Introdução

A hidrogenação catalítica tem diversas aplicabilidades na indústria, como processo que permite a obtenção de uma gama de produtos e subprodutos de elevado valor agregado a partir de diversas matérias.

Nos últimos anos, há varias pesquisas que visam desenvolver e melhorar processo de síntese de alcoóis graxos, a partir de hidrogenação catalítica dos óleos e seus derivados (ácidos graxos e ésteres de ácidos graxos), sem aplicar condições de temperatura e pressão severa, em substituição dos processos clássicos, (Turek *et al.*, 1994).

Os alcoóis graxos podem ser usados como cosméticos, poliésteres, lubrificantes, solventes industriais, produtos farmacêuticos e aditivos alimentares (Korstanje *et al.*, (2015) Pritchard *et al.* (2015).

O maior desafio tem nesse processo além das condições operacionais brandas é o desenvolvimento de novos catalisadores. Razão pela qual esse trabalho tem como objetivo foi sintetizar e testar o catalisador de  $\text{Re}/\text{Nb}_2\text{O}_5$  e estimar os parâmetros cinéticos da hidrogenação de ésteres de soja e avaliar correlação entre os parâmetros estimados.

### 2 - Material e Métodos

O sistema reacional foi composto pelas reações de ésteres de ácidos graxos com hidrogênio a 70 bar gerando como produtos os alcoóis graxos, ésteres de cera e hidrocarbonetos. A reação foi realizada num reator PARR modelo 4848, 300 mL de volume. O modelo matemático foi proposto pelos autores, presumindo uma combinação entre o princípio da lei de ação das massas e lei de potência para algumas reações. Todas as reações consideradas estão listadas na Tabela 1. As reações 1-3 e 6-12 são descritas pela lei de ação das massas, enquanto as demais pela de potência. Enquanto as taxas de velocidades das reações foram estimadas pelo problema de otimização. Portanto, foram estimados 21 parâmetros cinéticos, sendo 13 (treze) constantes pré-exponenciais das reações diretas, 6 (seis) das reações indiretas e duas ordens de reações. Dessa forma, um sistema de equações diferenciais ordinárias não-lineares é formado, fazendo-se necessário a escolha de um método de integração numérica adequado para sistema não-lineares.

O algoritmo heurístico enxame de partículas proposto por Kennedy & Eberhart é inspirado no comportamento social de animais e é comumente conhecido como PSO, *Particle Swarm Optimization* (Brandão *et al.*, 2017). O procedimento de otimização inicia com a geração de  $n_{par}$  pontos aleatórios no espaço de busca, chamados de partículas. Cada partícula é definida por dois vetores que representam sua posição,  $z_p$ , Equação 1, e sua velocidade,  $v_p$ , Equação 2. As partículas se movem ao longo do espaço de busca trocando informações de acordo com a melhor solução

encontrada por ela mesma,  $z_{ind}$ , e pela melhor solução encontrada entre todos os pontos testados,  $z_{glo}$ .

$$z_{p,d}^{k+1} = z_{p,d}^k + v_{p,d}^{k+1} \quad (1)$$

$$v_{p,d}^{k+1} = w \cdot z_{p,d}^k + c_1 \cdot r_1 \cdot (z_{p,d}^{ind} - z_{p,d}^k) + c_2 \cdot r_2 \cdot (z_{p,d}^{glo} - z_{p,d}^k) \quad (2)$$

onde  $p$  denota a partícula,  $d$  é a direção de busca,  $k$  representa o número da iteração,  $v$  é a velocidade da partícula e  $z$  a sua posição,  $r_1$  e  $r_2$  são números aleatórios com distribuição uniforme no intervalo  $[0, 1]$ ,  $c_1$  e  $c_2$  são os fatores de constrição e  $w$  é o peso de inércia.

**Tabela 1.** Reações de hidrogenação envolvidos no processo

nº	Reações	Tipo
1	$\text{E}_1 + \text{H}_2 \rightarrow \text{E}_3$	irreversível
2	$\text{E}_2 + 2\text{H}_2 \leftrightarrow \text{AG}_{16} + \text{Et}$	reversível
3	$\text{E}_3 + 2\text{H}_2 \leftrightarrow \text{AG}_{18} + \text{Et}$	reversível
4	$\text{AG}_{16} + \text{H}_2 \rightarrow \text{P}_{16} + \text{H}_2\text{O}$	irreversível
5	$\text{AG}_{18} + \text{H}_2 \rightarrow \text{P}_{18} + \text{H}_2\text{O}$	irreversível
6	$\text{AG}_{16} + \text{E}_2 \leftrightarrow \text{EC}_{32} + \text{Et}$	reversível
7	$\text{AG}_{18} + \text{E}_2 \leftrightarrow \text{EC}_{34} + \text{Et}$	reversível
8	$\text{AG}_{16} + \text{E}_3 \leftrightarrow \text{EC}_{34} + \text{Et}$	reversível
9	$\text{AG}_{18} + \text{E}_3 \leftrightarrow \text{EC}_{36} + \text{Et}$	reversível
10	$\text{EC}_{32} + \text{H}_2 \leftrightarrow 2\text{AG}_{16}$	reversível
11	$\text{EC}_{34} + \text{H}_2 \leftrightarrow \text{AG}_{16} + \text{AG}_{18}$	reversível
12	$\text{EC}_{36} + \text{H}_2 \leftrightarrow 2\text{AG}_{18}$	reversível
13	$\text{E}_2 \rightarrow \text{P}_{16}$	irreversível
14	$\text{E}_3 \rightarrow \text{P}_{18}$	irreversível

Para realização da estimação de parâmetros, utilizou-se o software MATLAB® para a solução das equações diferenciais ordinárias (EDO's) e implementação da técnica de otimização por enxame de partículas. As EDO's foram resolvidas numericamente utilizando o método de integração *VSVO (Variable-Step, Variable-Order)*, sendo configurado para fornecer soluções com erro relativo menor que  $1 \cdot 10^{-6}$ . Enquanto o PSO foi configurado com um conjunto de partículas  $n_{par} = 250$ , com  $c_1$  e  $c_2$  iguais a  $3/2$ ,  $w = 3/4$  e a tolerância absoluta para a função objetivo de  $1 \cdot 10^{-6}$ .

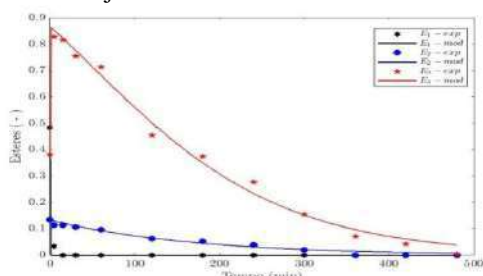
Adotou-se a função objetiva de mínimos quadrados definida conforme a Equação 3, onde  $y_{i,exp}$  são os dados experimentais,  $y_{i,mod}$  os dados preditos pelo modelo e  $NE$  o número de experimentos.

$$F_{obj} = \sum_{i=1}^{NE} (y_{i,exp} - y_{i,mod})^2 \quad (3)$$

Para a definição do intervalo de confiança dos parâmetros foi utilizada a distribuição *F de Fischer*, conforme demonstrado por Da Ros *et al.* (2019). Sendo o resultado sintetizado em forma de correlação entre os parâmetros.

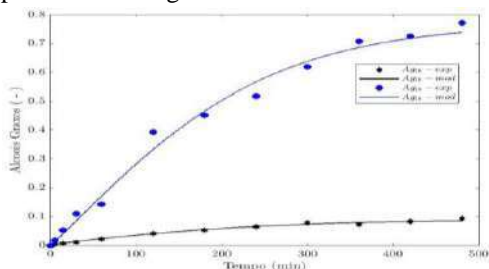
### 3 - Resultados e Discussão

As Figuras 1, 2 e 3 representam os perfis da modelagem cinética dos dados experimentais. A Figura 1 mostra os perfis de fração molar dos ésteres: oleato de metila ( $E_1$ ); palmitato ( $E_2$ ); e estearato ( $E_3$ ). Onde temos o crescimento inicial da fração de  $E_3$ , devido a conversão de  $E_1$  em  $E_3$  e, em seguida, o seu consumo total formando os alcoóis de graxos, Figura 2, hidrocarbonetos, Figura 3, e produtos indesejáveis.



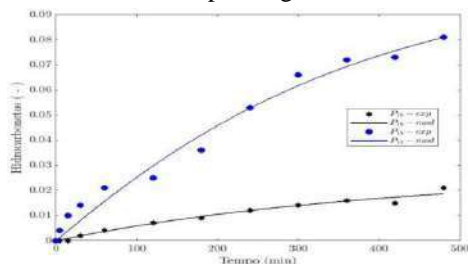
**Figura 1.** Perfis de fração molar dos ésteres experimentais e modelados

A Figura 1 lustra que o catalisador de  $Re/Nb_2O_5$  obteve excelente atividade na conversão dos ésteres de soja em produtos. De acordo com as constantes cinéticas estimadas, a taxa de reação do oleato ( $C=C$ ) foi a mais rápida em todo o sistema reacional com  $k_1 = 4,2437 \cdot 10^3$  ( $m^3 \cdot bar \cdot min$ )<sup>-1</sup>. Na formação dos produtos principais, alcoóis graxos, apresentaram  $k_2 = 1,0215 \cdot 10^{-2}$  ( $m^3 \cdot bar \cdot min$ )<sup>-1</sup> e  $k_3 = 5,5467 \cdot 10^{-3}$  ( $m^3 \cdot bar \cdot min$ )<sup>-1</sup>, que representam as taxas de velocidades da formação dos alcoóis, exemplificados na Figura 2.



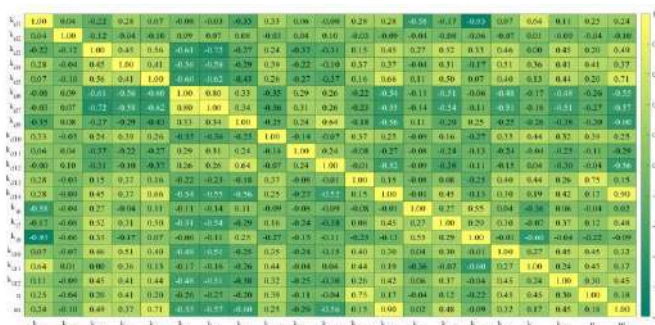
**Figura 2.** Perfis de fração molar dos alcoóis graxos  $C_{16}$  e  $C_{18}$  experimentais e modelados

As reações de formação de hidrocarbonetos apresentadas foram lentas, o que certamente foi importante ao processo, porque diminui a conversão dos alcoóis em hidrocarbonetos, descrita pela Figura 3.



**Figura 3.** Perfis de fração molar dos hidrocarbonetos  $C_{16}$  ( $P_{16}$ ) e  $C_{18}$  ( $P_{18}$ ) experimentais e modelados

Assim, a modelagem matemática mostrou-se satisfatória, descrevendo o comportamento das espécies na reação, obtendo um erro mínimo quadrado de  $8,6567 \cdot 10^{-2}$ .



**Figura 4.** Gráfico de correlação entre os parâmetros estimados

A Figura 4 mostra a correlação linear entre os parâmetros estimados, demonstrando a relação entre as taxas de velocidades de reações e as ordens de reação estimadas. Onde podemos ressaltar a relação entre  $k_{d1}$  e  $k_{p9}$ , onde são reações concorrentes para a formação do estearato de metila, havendo um favorecimento na conversão de oleato em estearato, e entre as ordens de reações  $n$  e  $m$ , que influenciam diretamente na formação dos hidrocarbonetos.

### 4 – Conclusões

Os resultados mostram que o catalisador de  $Re/Nb_2O_5$  apresentou uma excelente atividade catalítica a  $250^\circ C$  e 70 bar.

O modelo matemático proposto pela combinação entre o princípio da lei de ação das massas e lei de potência para algumas reações demonstrou ser uma excelente na descrição detalhada do sistema reacional, obtendo um erro mínimo quadrado de  $8,6567 \cdot 10^{-2}$ . Corroborando, dessa forma, com os dados experimentais.

### 5 – Agradecimentos

Os autores agradecem Capes, CNPq e ao INCT-Midas.

### 6 - Bibliografia

- BRANDÃO, A. L. T.; ALBERTON, A. L.; PINTO, J. C.; SOARES, J. B. P. Copolymerization of Ethylene with 1,9-Decadiene: Part I – Prediction of Average Molecular Weights and Long-Chain Branching Frequencies. *Macromolecular Journals* **2017**, 26, 1600059-1600076.
- DA ROS, S.; SCHWAAB, M.; PINTO, J. C. *Parameter Estimation and Statistical Methods*. Amsterdam: Elsevier, **2017**.
- KORSTANJE, T. J.; VLUGGT, J. I. van der; ELSEVIER, C. J.; BRUIN, B. de. Hydrogenation of carboxylic acids with a homogeneous cobalt catalyst. *Science* **2015**, 350, 6258, 298-302.
- PRITCHARD, J.; FILONENKO, G. A.; PUTTEN, R. van; HENSEN, E. J. M.; PIDKO, E. A. Heterogeneous and homogeneous catalysis for the hydrogenation of carboxylic acid derivatives: history, advances and future directions. *Chemical Society Reviews* **2015**, 44, 11, 3808-3833.
- TUREK, T.; TRIMM, D. L.; CANT, N. W. The catalytic hydrogenolysis of esters to alcohols. *Catalysis Reviews - Science and Engineering* **1994**, 36, 4, 645-683.