



# IV SEPEQ

Seminário de Pesquisa  
em Engenharia Química

11 a 13 de abril  
de 2012



## PLANEJAMENTO FATORIAL PARA OTIMIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS OPERACIONAIS DA REAÇÃO DE HIDRÓLISE DE ÓLEOS VEGETAIS CATALISADA POR ÓXIDO DE NIÓBIO

A. R. ALMEIDA<sup>1</sup>, T. L. C. GOMES<sup>1</sup>, W. A. MAIA<sup>1</sup>, J. B. SEVERO Jr<sup>1</sup>, A. L. D. RAMOS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Federal de Sergipe, DEQ/CCET  
E-mail para contato: aldramos@ufs.br

**RESUMO** – Há algumas décadas, o mundo tem procurado alternativas energéticas que se apresentem economicamente competitivas, ambientalmente admissíveis e que estejam disponíveis em ampla quantidade para a substituição da matriz energética procedente do petróleo. Nesse contexto, a produção de biodiesel aparece como uma excelente alternativa para tentar reduzir esses problemas. A hidroesterificação surge como uma rota alternativa promissora. Assim o presente trabalho busca otimizar as variáveis operacionais da reação de hidrólise de óleo de soja (primeira etapa da rota de hidroesterificação) catalisada por óxido de nióbio. Foi realizado um planejamento experimental fatorial com 2 níveis e 3 variáveis (2<sup>3</sup>), com 3 repetições no ponto central para a determinação da variação experimental, as variáveis analisadas foram: a temperatura, a razão molar óleo/água e a porcentagem de catalisador. Utilizou o programa Statistica 6,0 e verificou-se que a temperatura é a variável que mais influencia na conversão.

### 1. INTRODUÇÃO

Considerando a demanda energética crescente da sociedade, rotas alternativas de suprimento precisam ser consideradas e desenvolvidas. O combustível fóssil não renovável, além de ser acusado como um dos grandes vilões da poluição ambiental, guarda consigo o perigo iminente do fim de suas reservas. Dentro deste cenário, pode-se considerar a produção de biodiesel como uma rota de suprimento que progressivamente viria a substituir o uso do diesel.

Dentre as rotas alternativas de obtenção do biodiesel, a hidroesterificação mostra-se como uma opção promissora.

Consiste do processo de hidrólise seguido de uma esterificação. Por meio dessa sequência de reações, obtêm-se um produto final considerado mais puro e menos propenso à formação de sabão durante seu processo de produção.

Neste contexto, o presente trabalho busca otimizar as variáveis operacionais da reação de hidrólise de óleo de soja (primeira etapa da rota de hidroesterificação) catalisada por óxido de nióbio.

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos de hidrólise foram realizados em um reator pressurizado de



# IV SEPEQ

## Seminário de Pesquisa em Engenharia Química

11 a 13 de abril de 2012



aço inox, com controle microprocessado de temperatura e agitação (1000 rpm). O catalisador utilizado foi o óxido de nióbio (CBMM, HY 340), previamente calcinado a 300°C. Alíquotas foram retiradas do reator nos tempos de 0, 5, 10, 20, 30, 45, 60, 90 e 120 minutos. Estas foram filtradas por meio de filtração à vácuo com o uso de uma bomba de vácuo, e as amostras resultantes analisadas através de titulação ácido-base, obtendo-se a conversão da reação através do aumento da acidez pela produção de ácidos graxos.

Foi realizado um planejamento experimental fatorial com 2 níveis e 3 variáveis (2<sup>3</sup>), com 3 repetições no ponto central para a determinação da variação experimental. A Tabela 1 mostra os níveis experimentais e os respectivos valores das variáveis.

Tabela 1 - Níveis experimentais para as variáveis usadas no planejamento experimental.

Variável	Variável Normalizada	Níveis		
		-1	0	+1
Temperatura(°C)	T <sup>norm</sup>	210	230	250
Razão molar óleo/água	RM <sup>norm</sup>	1:10	1:30	1:50
% Catalisador	C <sup>norm</sup>	1	3	5

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As maiores conversões, obtidas utilizando diferentes condições das variáveis, foram iguais a 81,36 e 85,73%, obtidas para as seguintes condições: 250° C, razão molar de 1:50 e 1% de catalisador e 250° C, razão molar 1:50 e 3% de catalisador, respectivamente.

Baseado nos resultados do planejamento experimental e usando a Equação (1), é possível analisar o efeito de cada variável na conversão, bem como verificar a significância desses efeitos.

$$\begin{aligned} \text{Conversão} = & (a_1 + \varepsilon_1) + (a_2 + \varepsilon_2).T^{\text{norm}} + (a_3 + \varepsilon_3).RM^{\text{norm}} + (a_4 + \varepsilon_4).C^{\text{norm}} \\ & + (a_5 + \varepsilon_5).T^{\text{norm}}.RM^{\text{norm}} + (a_6 + \varepsilon_6).T^{\text{norm}}.C^{\text{norm}} + (a_7 + \varepsilon_7).RM^{\text{norm}}.C^{\text{norm}} \end{aligned} \quad (1)$$

De acordo com a teoria de planejamento fatorial, essa equação significa que os efeitos podem ser representados por uma soma de contribuições lineares. Os parâmetros do modelo e incertezas paramétricas podem ser obtidas com o auxílio de processos de estimação de máxima probabilidade, tal como descrito na literatura (Schwaab e Pinto, 2007).

Quando a Equação (1) é utilizada para ajustar os dados apresentados na Tabela 1, a seguinte equação pode ser obtida com a ajuda do programa Statistica 6,0.

$$\text{Conversão} = (43.82 \pm 1.08) + (32.90 \pm 1.27).T^{\text{norm}} + (3.13 \pm 1.27).C^{\text{norm}} \quad (2)$$

A Equação (2) mostra que, com 95% de confiança, todos os parâmetros do modelo são significativos, mostra também que a temperatura é a variável que mais influencia na conversão. Particularmente, a conversão tende a aumentar com a temperatura, razão molar e % de catalisador na gama de condições analisadas. No entanto, as variáveis razão molar e % de catalisador tem pouca influência sobre a conversão, como mostrado na Equação (2), porque os valores dos parâmetros relacionados com estas variáveis são pequenos em comparação com o parâmetro da temperatura. Também é importante observar que há um efeito sinérgico entre a temperatura e a razão molar.

### 4. REFERÊNCIAS

SCHWAAB M, PINTO JC.; Análise de Dados Experimentais I – Fundamentos de Estatística e Estimação de Parâmetros. vol. 1. E-papers, Brasil, 2007.