



# SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE UMA COLUNA DE DESTILAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE BIOQUEROSENE

\*Joana Angélica Franco Oliveira<sup>1</sup>, Manoel Teodoro da Silva<sup>1</sup>, Jaquelyne Moraes De Caldas<sup>1</sup>, Jefferson Alex Veríssimo da Silva<sup>1</sup>, Giovanilton Ferreira da Silva.<sup>1</sup>

*Universidade Federal da Paraíba-Campus I, Departamento de Engenharia Química Cep: 58059-900 - João Pessoa – PB, Brasil.*

\*J A F Oliveira ([joanaangelica.f.oliveira@gmail.com](mailto:joanaangelica.f.oliveira@gmail.com))

## RESUMO

O bioquerosene, bicomcombustível para aviação, renasce a partir de óleos vegetais. Descoberto junto com o biodiesel na década de 70, o bioquerosene chegou a ser utilizado em um avião Bandeirante da Embraer, que voou em outubro de 1984. Este novo Combustível deverá apresentar características semelhantes ao QAV (Querosene de aviação comercial), dentre elas, cadeias de carbonos entre C6 – C12, pontos de congelamento abaixo de 0 °C e viscosidade compatível com o combustível já existente. A produção de bioquerosene por destilação do biodiesel é uma promissora alternativa ao processo convencional de QAV. Este trabalho tem como objetivo investigar uma nova rota para produção de bioquerosene usando biodiesel de babaçu. Depois da transesterificação do óleo babaçu, o biodiesel foi destilado. Um simulador comercial, Hysys 3.2 foi utilizado para desenvolver o processo e realizar uma análise econômica. Este estudo investigou como as variáveis, razão de refluxo, posição dos pratos de alimentação e número de pratos da coluna, pressão de operação da coluna influenciaram a composição do destilado. Os resultados das simulações mostram que houve a separação de praticamente toda a faixa desejada, C6 – C12.

**Palavras-chaves:** Bioquerosene, destilação, Hysys 3.2, babaçu.

## 1. INTRODUÇÃO

Um grande número fatores coloca a biomassa na vanguarda da política energética. Os altos preços e dependência de fontes de energia não renovavam (petróleo, gás e carvão), legislação ambiental cada vez mais rígida e problemas ambientais devido à combustão de combustíveis fósseis aumentou interesse em fontes de energia renováveis tal como bioquerosene. Bioquerosene é



uma substituição de querosene de aviação produzido a partir óleos vegetais, gorduras animais e óleos de uso doméstico.

O crescente uso de biocombustíveis nos últimos anos se deu, principalmente, devido às questões energéticas e ambientais – que estão relacionadas à poluição devido grandes emissões de gases nocivos ao ser humano como um todo e ao planeta, uma vez que chega a afetar a grande camada de ozônio. Dentre os mais conhecidos temos o biodiesel, o etanol, biomassa e bioquerosene. Dentro no cenário brasileiro, as produções de maiores escalas são de etanol e biodiesel, porém, o bioquerosene já apresenta resultados satisfatórios, principalmente para o ramo da aviação. Segundo (Franco (2012), o Brasil é visto como campo fértil para desenvolvimento de projeto e pesquisa na área de produção de bioquerosene).

Dentro do contexto, o bioquerosene pode ser definido como sendo um biocombustível de fonte renovável, constituído por hidrocarbonetos, ou seja, cadeias formadas pelos elementos carbono e hidrogênio. Sua matéria-prima advém de óleos vegetais com ácidos graxos de cadeias curtas.

Em se tratando do bioquerosene de aviação, de acordo com **Harter et al.:**

A Lei nº 12.490, de 16 de setembro de 2011, que define bioquerosene de aviação como substância derivada de biomassa renovável que pode ser usada em turbo-reatores e turbo propulsores aeronáuticos ou, conforme regulamento, em outro tipo de aplicação que possa substituir parcial ou totalmente o combustível de origem fóssil. Porém, ao contrário do uso de combustíveis alternativos em outros setores, a aviação requer restrição de rigor muito maior, para qualquer que seja o combustível candidato, devido a vários fatores. Em primeiro lugar, as condições extremas em que a combustão é submetida devem ser confiáveis e seguras, o que impõe um limitado leque de combustíveis líquidos potenciais. Finalmente, a longa vida útil das aeronaves comerciais implica que qualquer combustível candidato precisa ser compatível e adequado para utilização em motores com as tecnologias já existentes.

Harter et al. comenta, ainda, que desde de 2006, o querosene de aviação, é responsável pelo maior custo de operação para as empresas aéreas, isso porque, além de possuir um elevado preço, o petróleo, ainda há as questões relacionada aos limites máximos às emissões de carbono, estabelecidos em janeiro de 2012, o que levaram o setor a investir centenas de milhões de dólares



para o desenvolvimento de uma fonte de energia mais segura, acessível e menos danosa ao ambiente.

Atualmente, a frota mundial de aviões a jato da aviação comercial consome cerca de 200 milhões de toneladas por ano ( $250 \text{ Mm}^3$ ) de combustíveis de aviação anualmente, principalmente na forma de querosene de aviação (Jet A1) produzido como um produto da refinação de petróleo bruto. Este volume é de cerca de 6% da produção mundial de refinarias. Em 2012, os EUA consumiram cerca de  $93 \text{ Mm}^3$  ou 37% desta produção,  $63 \text{ Mm}^3$  ou cerca de 25% foram utilizados para alimentar o abastecimento de aeronaves na UE, o Brasil consumiu cerca de  $7 \text{ Mm}^3$ , ou 3% do total de combustível de aviação. 35% estavam sendo consumidos no Leste da Ásia, Sudeste Asiático e nos Estados do Golfo, (Gutiérrez-Antonio et al, 2017), (Shi W et al, 2014), (Natelson et. al., 2015), (Liu et al., 2015).

Simulações computacionais usando simuladores de processos têm sido usadas com sucesso como uma ajuda para o desenvolvimento de processos. Eles foram usados para otimizar os parâmetros operacionais que governam o processo no estado estacionário. O objetivo deste trabalho é estudar a influência dos valores das variáveis de operação (razão de refluxo e prato de alimentação) da coluna de destilação no desempenho de a separação ésteres metílicos. Foi realizado um estudo no qual variamos as razões de refluxo com o objetivo de obtermos uma fração de fase leve o mais rica possível em ésteres metílicos ricos em cadeias que possuíam uma faixa de C6 a C12.

## 2. METODOLOGIA

A simulação computacional usando simuladores de processos comerciais é uma ferramenta útil para prever qualitativamente a influência dos variáveis no desempenho da coluna, desde que a interação entre parâmetros binários para a mistura estudada está disponível em seu próprio banco de dados. A precisão dos resultados simulados é fortemente dependente da qualidade dos parâmetros binários para os modelos de coeficiente de atividade em fase líquida. O processo é apresentado na Figura 1

Neste trabalho, a simulação foi realizada com simulador HYSYS 3.2. O modelo de atividade NRTL foi escolhido porque foi o mais adequado, mas infelizmente, não existem dados em sua



própria biblioteca para cobrir todas as interações possíveis entre os componentes estudados neste trabalho.

A simulação foi realizada seguindo os seguintes parâmetros apresentados nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1: Condições operacionais da coluna de destilação.**

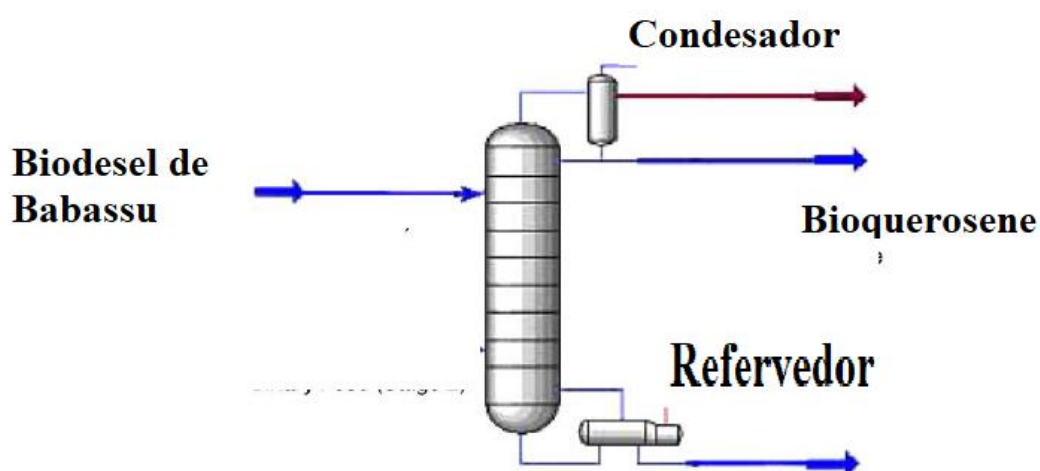
Variáveis	Especificação
Temperatura de alimentação (°C)	60
Temperatura de Operação da coluna (°C)	275
Pressão de alimentação (kPa)	101,325
Pressão da coluna (kPa)	13,78
Vazão Massica kg/h	200

**Tabela 2: Composição da mistura de alimentação da coluna de destilação.**

Elemento	Porcentagem (%)
M-Caprilato	5,74
M-Caprato	6,23
M-Laureato	43,9
M-Palmitato	8,7
M-Stearato	7,67
M-Oleato	21,45
M-Linoleico	5,67

O diagrama do processo para este processo é mostrado na Figura 1.

Figura 1: Coluna de destilação.





### 3. RESULTADOS E DISCURSÃO

As simulações foram realizadas com o objetivo de obter um bioquerosene que tivesse uma composição entre C6 a C14. As Figuras 2 e 3 apresentam as composições do bioquerosene para razões de refluxo 1,5 e 2,0.

Figura 2: Composição do bioquerosene para um razão de refluxo 1,5.

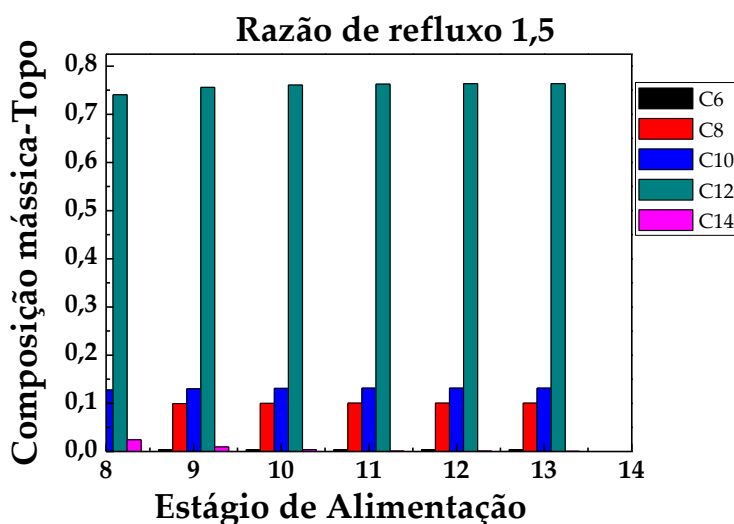
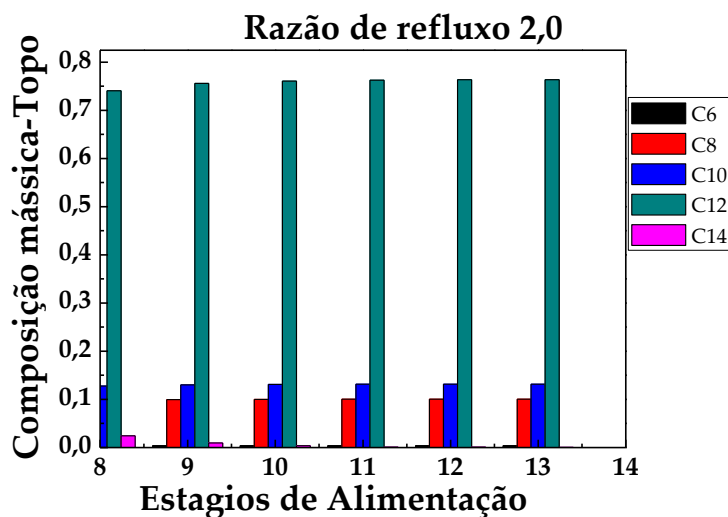


Figura 3: Composição do bioquerosene para um razão de refluxo 2,0.



A Tabela 2 apresenta a composição do topo da coluna para as variáveis operacionais da coluna, número de pratos da coluna (o número de pratos da coluna foi determinado pelo método Short-Cut Distillation, que determinou o número de pratos mínimos, 8 pratos, então para simulação multiplicamos esse número por dois), razão de refluxo,prato de alimentação. Observamos na Tabela 3 que o melhor resultado obtido foi para condição razão de refluxo 2,0 e o



prato de alimentação foi décimo, com valor de 76,45 %. O melhor resultado para razão de refluxo 1,5 foi o décimo primeiro prato, com uma composição de 76,32.

Tabela 3: Resultados da simulação da coluna de destilação de bioquerosene.

Número de pratos	Razão de refluxo	Prato de alimentação	Composição (%)
16	1,5	8	74,87
16	1,5	9	75,12
16	1,5	10	75,84
16	1,5	11	76,23
16	1,5	12	76,12
16	2	8	76,14
16	2	9	76,19
16	2	10	76,45
16	2	11	76,32
16	2	12	76,21

Observamos que a diferença não foi muito significativa. Então não podemos concluir qual das duas condições apresenta um resultado ótimo. Porém, se observamos as Figura 4 e 5 que apresentam carga térmica da coluna em função do prato de alimentação, notamos que a razão de refluxo 2,0 apresentam um carga termica elevada quando comparada a razão de refluxo 1,5, no refervedor e no condesador. No refervedor a valor da energia para décimo prato para razão de refuxo 2,0 é de aproximadamente 133000 kJ/h. Para o décimo primeiro prato da razão de refluxo 1,5 é de aproximadamente de 120000 kJ/h. O mesmo comportamento pode ser observado quando observamos a carga térmica do condesador. Um valor de aproximadamente 78500 kJ/h para razão de fluxo 2,0 e 64500 kJ/h para a razão de refluxo 1,5.

Figura 4: Carga térmica da coluna de destilação no refervedor.

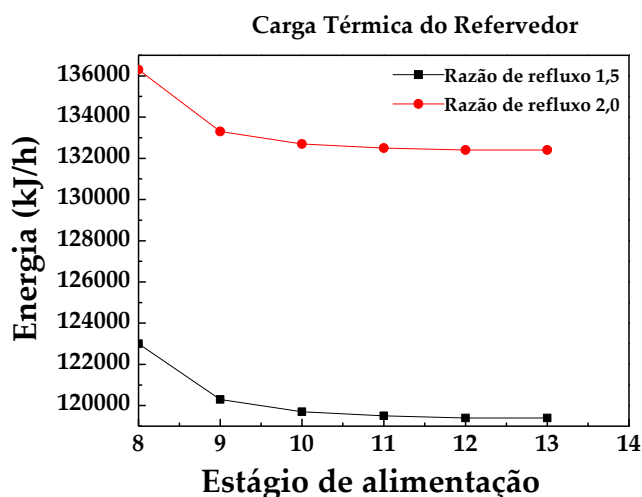
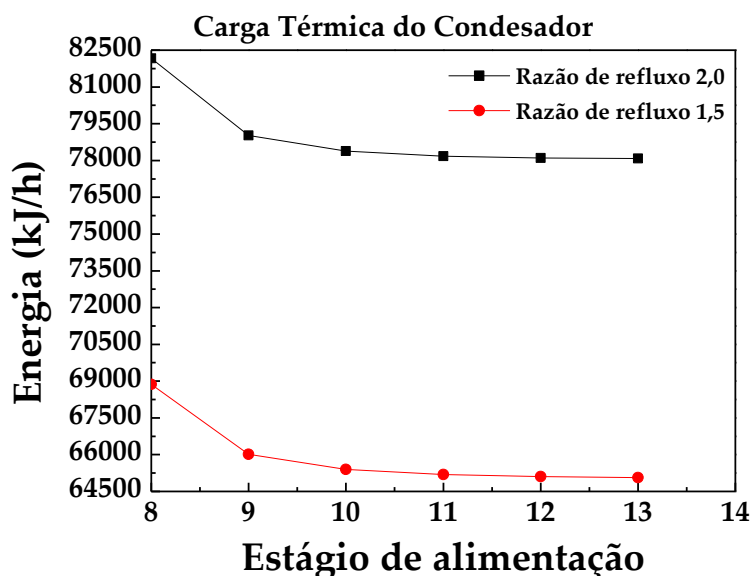




Figura 5: Carga térmica da coluna de destilação no refeedor.



#### 4. CONCLUSÕES

A simulação de processos com um simulador de processo quando usado apropriadamente é uma ferramenta muito poderosa para analisar as alternativas de separação e produção de bioquerosene. Quando aplicado ao estudo da separação da mistura, como a de biodiesel de babaçu, utilizando o modelo NRTL produziu resultados satisfatórios.

Os resultados apresentados pela simulação permite concluir que a condição otimizada de operação foi uma coluna com 16 pratos, razão de refluxo 1,5 e prato de alimentação o décimo primeiro.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blommel PG, Keenan G R, Rozmiarek R T, Cortright R D. Catalytic conversion of sugar into conventional gasoline, diesel, jetfuel, and other hydrocarbons. *Int Sugar J*2008;110.

Gutiérrez-Antonio C, Romero-Izquierdo AG, Gómez-Castro FI, Hernández S. Energy integration of a hydrotreatment process for sustainable biojet fuel production. *Ind Eng Chem Res* 2016; 55: 8165–75.



Liu S, Zhu Q, Guan Q, He L, Li W. Bio-aviation fuel production from hydroprocessing castor oil promoted by the nickel-based bifunctional catalysts. *Bioresour Technol* 2015; 183:93–100.

Natelson RH, Wang W-C, Roberts WL, Zering KD. Technoeconomic analysis of jet fuel production from hydrolysis, decarboxylation, and reforming of camelina oil. *Biomass Bioenergy* 2015;75:23–34.

Shi W, Gao Y, Song S, Zhao Y. One-pot conversion of bio-oil to diesel- and jet-fuel range hydrocarbons in supercritical cyclohexane. *Ind Eng Chem Res* 2014; 53:11557–65.

Rabaev M, Landau MV, Vidruk-Nehemya R, Koukouliev V, Zarchin R, Herskowitz M. Conversion of vegetable oils on Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SAPO-11 to diesel and jet fuels containing aromatics. *Fuel* 2015; 161:287–94.