

Análise econômica de planta de produção de biodiesel por rota etílica a partir de óleo de fritura

Luciene da Silva Castro¹, Wanderson Ferraz do Valle² e Audrei Giménez Barañano³

¹Mestre em Engenharia Química, Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, lucienecastro@hotmail.com

²Graduado em Engenharia Química, Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, wferrazv@gmail.com

³Doutora em Engenharia Química, Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, audrei3@gmail.com

Resumo – A busca por energias renováveis visa a substituição parcial ou total de combustíveis fósseis que vem crescendo no atual cenário energético mundial. Nesse contexto, o biodiesel é uma alternativa à essa substituição. O biodiesel geralmente é obtido pelo método de transesterificação, ou seja, os triglicerídeos reagem com um álcool na presença de um catalisador obtendo ésteres (biodiesel) e glicerol. O Brasil apresenta grande potencial, devido à sua biodiversidade, capaz tanto de fornecer óleos de origem vegetal e residual quanto etanol, principais matérias primas do processo. O óleo de fritura é um óleo residual proveniente de indústria alimentícia que pode causar grande impactos ambientais se despejados em redes de esgotos ou no solo, portanto o uso do mesmo como matéria prima para produção de biodiesel é uma forma de amenizar esses problemas. O presente artigo tem como objetivo realizar análise econômica de um projeto de implantação de uma planta de produção de biodiesel por rota etílica a partir de óleo residual, fundamentado no Lucro de Empreendimento (LE) no processamento de 500.000 L/mês, variando o tempo de estocagem. As análises mostram inviabilidade para implementação da planta.

Palavras-chave: Biodiesel, óleo de fritura, análise de viabilidade

Abstract – The search for renewable energy aimed at the partial or total substitution of fossil fuels is growing in the current world energy scenario. In this context, biodiesel is an alternative to this substitution. Biodiesel is typically obtained by the transesterification method, where the triglycerides are reacted with an alcohol in the presence of a catalyst obtaining esters (biodiesel) and glycerol. Brazil has great potential due to its biodiversity, both capable of providing oils of vegetable origin and residual and ethanol, the main raw materials of the case. The frying oil is a residual oil from the food industry which may cause great environmental impacts are dumped into sewage networks or land, so the use of it as raw material for biodiesel production is a way to soften these problems. This article aims to conduct economic analysis of a project to establish a biodiesel production plant by ethylic route from residual oil, based on the Enterprise Income (LE) in the processing of 500,000 L / month, varying the time of storage. The

analyses show no feasibility for implementation of the plant.

Keywords: Biofuel, frying oil, feasibility analysis.

I. INTRODUÇÃO

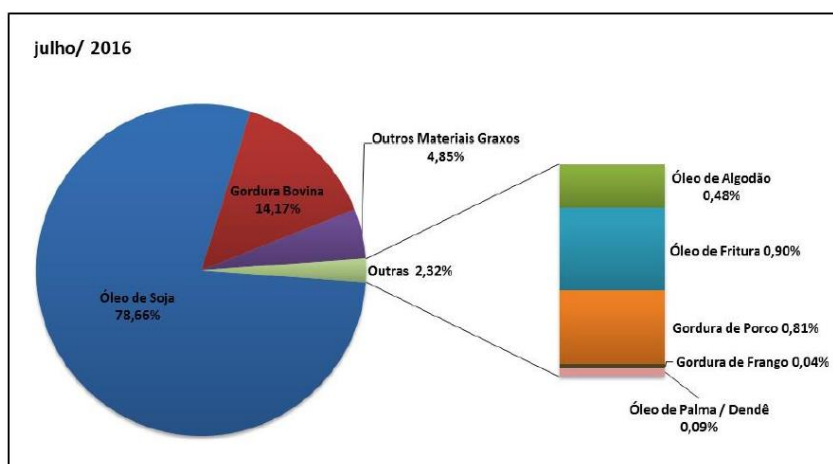
O biodiesel é um combustível biodegradável e causa menor impacto ambiental comparado aos combustíveis fósseis. Diante desses benefícios e da redução das reservas petrolíferas mundiais, o biodiesel tem se destacado nos últimos anos como promissor substituto aos combustíveis fósseis [1].

Esse biocombustível é obtido a partir da transesterificação do óleo vegetal ou gordura animal utilizando catálise homogênea alcalina. No Brasil, o óleo de soja é a matéria-prima mais utilizada, como mostrado na Figura 1. No entanto, o uso excessivo do óleo comestível para este fim pode provocar impactos negativos como a competição e a alta dos preços dos alimentos. Portanto, o uso do óleo de fritura como matéria prima para a produção de biodiesel pode ser uma alternativa para contornar esses problemas [2].

No Brasil, a produção de óleo de fritura foi estimada 4 bilhões de litros de óleo de fritura por ano, sendo que 2 bilhões são descartados e destes apenas 5% são reciclados [3]. O uso do óleo de fritura na produção de biodiesel é uma alternativa de reaproveitamento desse resíduo pouco valorizado e que pode causar grande impacto ambiental.

O metanol é o álcool mais difundido na produção de biodiesel no Brasil e no mundo, porém é tradicionalmente obtido a partir de origens fósseis, como o gás natural, portanto o uso desse álcool na produção de biodiesel existe uma dependência dos combustíveis fósseis. Além disso, o metanol apresenta elevada toxicidade, maior risco de incêndio devido ser mais volátil e o transporte é controlado pela polícia federal por se tratar de matéria-prima para o uso no processamento de drogas [4] e [5]. Diante disso, busca-se a substituição do metanol pelo etanol em virtude da obtenção do etanol a partir de biomassa e a baixa toxicidade [6]. No Brasil, o uso do etanol na produção de biodiesel é promissor pois a produção alcooleira já é consolidada, sendo o segundo maior produtor mundial de etanol [7].

Figura 1 – Matérias-primas utilizadas para produção de biodiesel



Fonte: ANP, (2016)

A elaboração de um projeto antes da instalação de qualquer planta é de grande importância uma vez que a partir das análises e dimensionamentos se pode ter uma visão global dos riscos financeiros da implantação da planta.

Shikida et al. [8] estudaram a viabilidade econômico-financeira de uma mini usina de biodiesel que utiliza óleo vegetal de cozinha usado. Utilizaram o método de Gitman, que descreve técnicas consideradas principais para auxiliar na avaliação de propostas de dispêndio de capital: o período de payback; o valor presente líquido (VPL); a taxa interna de retorno (TIR); e o índice de lucratividade (IL). O projeto teve vida útil de 120 meses e foi parte de um empreendimento já existente, que foi a empresa de transporte coletivo – Transgiro. Esta empresa possuía uma capacidade média de consumir até 50.000 litros de biodiesel por mês. Após estas análises, afirmaram que o projeto de instalação da mini usina de produção de biodiesel utilizando óleo de cozinha usado foi viável.

Castro Jr. [9] analisou a operação de uma usina de biodiesel a partir de óleo de dendê. O projeto foi realizado para uma usina de porte elevado, com investimentos de fontes públicas e privadas. Construiu quatro cenários (pessimista, neutro, otimista e pró biodiesel), onde cada um diferencia a tomada de decisões de investimentos, através da utilização dos indicadores econômico-financeiros para avaliar se o dendê como matéria-prima é viável. Os indicadores utilizados nesse trabalho foram o VPL (Valor Presente Líquido), a TIR (Taxa Interna de Retorno), Payback Descontado, e TIRM (Taxa Interna de Retorno Modificada). Concluiu que o projeto foi viável em três dos quatro cenários analisados (com o cenário pessimista não sendo viável), e que os investimentos

público, privado e do agricultor familiar seriam recuperados.

Abreu [10] realizou uma análise econômica para instalação de uma planta para produção de biodiesel através da transesterificação do óleo de soja com catalisador químico e enzimático. Os processos de produção de biodiesel apontaram altos custos unitários da produção, sendo que o processo enzimático apresentou maior custo pelo elevado custo da lipase e a via química alcalina apresentou um maior investimento total de capital, uma vez que possui um maior número de equipamentos utilizados no processo, e menor custo unitário em relação à via enzimática.

Martins e Carneiro [11] realizaram um estudo de viabilidade econômico-financeira de uma usina de pequeno porte que usa como matéria-prima o sebo bovino na produção de biodiesel. Os autores utilizaram as metodologias de Fluxo de Caixa, Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e análise de PayBack para a análise econômica. Concluíram que o projeto de instalação de uma usina de pequeno porte de biodiesel não foi viável do ponto de vista econômico e financeiro.

Neste trabalho, realizou-se a análise econômica de uma planta de produção de biodiesel por via etílica a partir de óleo de fritura com capacidade de processamento de 500.000 L/mês, significativamente maior do que na literatura, e com dois diferentes volumes de estocagem, para verificar o efeito no custo dos equipamentos, como segue:

- i. Estocagem 3 dias das matérias prima e produtos;
- ii. Estocagem de 1 batelada das matérias prima e produtos.

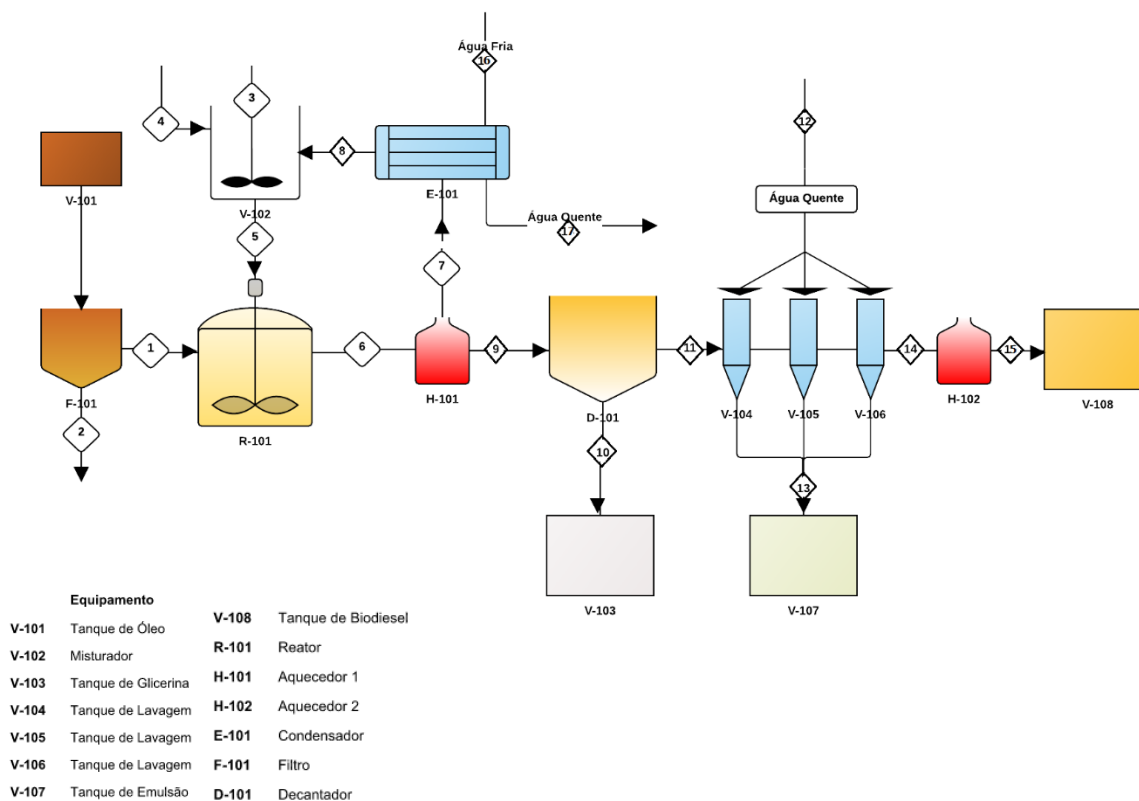
II. METODOLOGIA

A. Processo Industrial da Produção de Biodiesel de Óleo Residual

O processo abordado neste trabalho é a transesterificação do óleo de fritura com rota etílica

catalisado por NaOH. O fluxograma geral do processo foi elaborado utilizando a versão de teste do programa Lucidchat™, 2015, encontra-se na Figura 2, que mostra as principais etapas do processo. Essa estrutura foi baseada em [4], [12], [13], [14] e [15].

Figura 2 – Fluxograma do processo de produção de biodiesel de óleo de fritura em usina.



Fonte: Autor

A usina foi projetada para operar em batelada e dimensionada para operar com capacidade de óleo residual de 500.000 L/mês, o equivalente à 3030,3 L por batelada, sendo 5,5 bateladas/dia e operando 24 h/dia. O rendimento estimado é de 85 % (massa de biodiesel/óleo residual) e o rendimento de glicerol é igual a 10% em massa do valor de entrada do óleo residual [12]. A Tabela 1 ilustra as condições adotadas.

Os balanços de massa e energia foram calculados para um sistema operando em batelada baseando em dados de [12], [13], [15], [16], [17] e [18].

Os dimensionamentos dos equipamentos foram baseados em Perlingeiro [19]. Foi utilizado cerca de 12% a mais do volume total dos equipamentos [15], não preenchido para evitar possíveis transbordamentos pela agitação ou problemas na alimentação.

Tabela 1 – Condições de projeto e de operação.

Condição de operações	Símbolo	Valor
Rendimento de biodiesel em relação à massa do óleo	-	85%
Rendimento de glicerina em relação à massa do óleo	-	10%
Quantidade de NaOH em relação à massa do óleo	-	1,5%
Tempo de residência no reator	t_r	1 h
Temperatura de saída do etanol do secador A	T_7	80 °C
Temperatura de saída do etanol do condensador	T_8	25 °C
Temperatura de saída da água do condensador	T_{17}	30 °C
Temperatura de saída do biodiesel dos tanques de lavagem	T_{14}	50 °C

B. Simulação

A simulação do processo foi realizada utilizando uma planilha eletrônica com base nos cálculos de balanços de massa e energia e dimensionamento com carregamento 10% maior e menor do que o projeto.

C. Análise econômica

No presente trabalho, a metodologia utilizada para desenvolver a análise econômica se baseou na literatura de Perlingeiro [19]. Adota-se o critério do Venture Profit, onde o autor fundamenta o conceito de Lucro de Empreendimento (LE), o qual trata de um lucro relativo que estima a vantagem de investir no processo industrial sujeito a um risco comercial. A equação do Lucro do Empreendimento utilizada é representada pela Equação 1, onde R é a receita, $C_{matprim}$ é o custo com matérias-primas, C_{util} é o custo com as utilidades e $ISBL$ (*InSide Battery Limits*), que é o investimento realizado na aquisição do transporte e da instalação dos equipamentos que participam diretamente no processamento.

$$LE = 0,68R - 0,96(C_{matprim} + C_{util}) - 0,70ISBL \quad (1)$$

A Tabela 2 resume os valores dos parâmetros utilizados na análise econômica, para se obter a equação 1. Nessa tabela, t corresponde a taxa anual de imposto de renda, e taxa de depreciação, i_m é taxa de retorno com risco, f_T é um fator experimental de transferência da região, na qual foi estimado o preço, para a região onde será erguida a instalação, f_D é um fator de atualização de preços para o ano vigente, f_L é um fator experimental que leva em conta a aquisição de outros itens indispensáveis à instalação dos equipamentos, IC_a é o valor do índice no ano a e IC_b é o valor do índice no ano-base, no qual foi estimado o investimento no equipamento.

Tabela 2 – Parâmetros da Análise Econômica.

Parâmetro	Valor
t	0,3 (\$/a)/\$
e	0,1 (\$/a)/\$
i_m	0,2 (\$/a)/\$
f_T	1
IC_a	556,3
IC_b	395,6
f_D	1,41
f_L	4,8

Fonte: Perlingeiro [19]; Chemical Engineering Cost Index [20].

O termo I_{ei} é dado pela Equação 2, onde I_{ebi} é o preço do equipamento i para uma dimensão ou capacidade de referência Q_{bi} , Q_i é a capacidade do equipamento i , M_i é um fator experimental de escala para o equipamento i .

$$I_{ei} = I_{ebi} \left(\frac{Q_i}{Q_{bi}} \right)^{M_i} \quad (2)$$

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A. A usina com uma vazão de óleo de 500.000 L/mês

A tabela 3 mostra o balanço de massa do processo da usina com uma vazão de óleo de 500.000 L/mês. O tanque de estocagem de óleo residual, de biodiesel e glicerina foi dimensionado para 3 dias de estocagem. O condensador foi projetado com uma área de 30 m² e $\Delta T = 24,8$ °C.

B. Simulação

A capacidade máxima de processamento da planta projetada para 500.000 L é de 571.582,5 L/mês de óleo residual, de acordo limite máximo de carregamento inicial de óleo conforme as restrições de volume de cada equipamento. O processo foi simulado para o carregamento de óleo residual para 450.000 L/mês e 550.000 L/mês e considerando os valores de volume e área encontrados no dimensionamento. As duas últimas colunas da Tabela 3 mostram os resultados dos balanços de massa para essas vazões.

C. Análises Econômicas

Cenário 1

A receita dos produtos (biodiesel e glicerina) e os custos referentes às matérias-primas e utilidades para uma capacidade de 500.000 L/mês de óleo residual estão expostos na Tabela 4, foi considerado o ano com 360 dias.

Os valores das correlações de custo para os equipamentos do processo são encontrados na tabela 5, juntamente com o valor calculado do equipamento para a dimensão planejada.

Tabela 3 – Resultados dos balanços de massa e energia para o processo.

	Etapas	Corrente	Componentes	500.000	550.000	450.000
				L/mês m (kg)	L/mês m (kg)	L/mês m (kg)
Balanço de Massa	Armazenagem	1	Óleo de fritura	2787,9	3066,7	2509,1
	Preparação do catalisador	3	NaOH	41,8	46,0	37,6
		4	Etanol	882,7	971	794,4
		5	Etóxido de sódio	924,5	1017	832,0
	Reator	6	Produto da reação	3712,4	4083,6	3341,1
	Secador A	7	Etanol excesso vapor	441,3	485,5	397,2
		8	Etanol excesso líquido	441,3	485,5	397,2
		9	Mistura (glicerina + catalisador + biodiesel)	3271,1	3598,1	2943,9
	Decantador	11	Biodiesel	2992,3	3291,5	2943,9
		10	Glicerol	278,8	306,7	250,9
	Tanque de lavagem	12a=12b=12c	Água	748,1	822,9	673,2
		12	Água	2244,2	2468,6	2019,8
		13	Emulsão	2748,3	3023,082	2473,431
	Secador B	-	Água	118,5	130,3	106,6
		15	Biodiesel	2369,7	2606,7	2132,7
Energia (kJ)				244.077	252.221	219.670

Tabela 4 – Valores referentes à receita e aos custos.

Item	Preço Unitário	Quantidade/ano	Preço \$/ano
<i>Receita</i>			
Biodiesel	\$0,7027/L	5.343.963,62 L	3.755.203,24
Glicerina	\$0,1587/kg	552.000,04 kg	87.602,41
Total			3.842.805,65
<i>Custo</i>			
<i>Matérias-primas</i>			
Etanol anidro	\$0,5759/L	2.215.096,52 L	1.275.674,08
Hidróxido de sódio	\$370/ton	82,8 ton	30.636
Óleo residual	\$0,1577/L-	6.000.000 L	946.200,00
Total			2.252.510,12
<i>Utilidades</i>			
Água de resfriamento (rio)	\$0,0106/m ³	13.760,26 m ³	145,85
Água destilada	\$0,2645/m ³	4.443,5 m ³	1.175,3
Energia elétrica	\$0,13/kWh	134.242,47 kWh	17.451,52
Total			18.772,68

Fonte: Ciriminna [21], U.S. Department of Energy [22], Guabiroba e D'Agosto [23].

Tabela 5 – Correlações de custo para os equipamentos do processo.

Equipamento	I_{eb} [\$, 2002]	Q_b	Q	M	I_e [\$]
Reator	30.000,00	0,2 m ³	5 m ³	0,54	170.611,72
Misturador	8.000,00	0,4 m ³	1,5 m ³	0,49	15.288,51
Tanque de glicerina	10.000,00	0,4 m ³	4,5 m ³	0,57	39.733,51
Tanque de óleo	30.000,00	0,4 m ³	60 m ³	0,57	521.787,02
Tanque de biodiesel	30.000,00	0,4 m ³	50 m ³	0,57	470.283,74
Tanque de lavagem A	7.000,00	0,4 m ³	4 m ³	0,49	21.632,07
Tanque de lavagem B	7.000,00	0,4 m ³	4 m ³	0,49	21.632,07
Tanque de lavagem C	7.000,00	0,4 m ³	4 m ³	0,49	21.632,07
Filtro-prensa	4.500,00	0,93 m ²	1,75 m ²	0,85	7.701,66
Decantador	7.000,00	0,4 m ³	3,5 m ³	0,49	20.261,98
Secador A	12.000,00	0,5 m ³	4 m ³	0,40	27.568,76
Secador B	11.000,00	0,5 m ³	3,5 m ³	0,40	23.956,97
Condensador	6.000,00	10 m ²	30 m ²	0,44	9.729,36
Total					1.371.819,45

Fonte: Perlingeiro [19], Peters, Timmerhaus e West [24].

Assim, o valor de ISBL encontrado foi de \$ 9.284.474,06 enquanto o LE foi de - \$ 6.066.455,53. Observamos que o LE é negativo, portanto a implantação da usina nas condições utilizadas é inviável.

Cenário 2

Foi realizada uma nova análise alterando o tempo de estocagem das matérias primas e produtos de 3 dias para 1 dia de estocagem, uma vez que se pode verificar na Tabela 5 que o custo dos tanques representou a maior parte do valor do ISBL, o que impactou fortemente o lucro do empreendimento. Desta vez, o LE foi - \$ 3.695.442,11, que é um resultado melhor do que o anterior, mas ainda negativo indicando que a implantação desse projeto é inviável.

IV. CONCLUSÃO

Conclui-se a inviabilidade da implementação do projeto de produção de biodiesel a partir de óleo residual com capacidade de 500.000 L com diferente tempo de estocagem através de análises econômica, uma vez que o lucro de empreendimento foi negativo nos ambos cenários. Percebe-se ainda que o empreendimento com menor tempo de estocagem apresentou um resultado melhor do que o outro empreendimento, porém o LE ainda é negativo.

Atribui-se esse déficit principalmente ao valor de ISBL, uma vez que apresentou um valor muito elevado, principalmente vindo dos preços dos tanques de estocagem. Uma proposta para minimizar o ISBL seria a procura de orçamentos mais baixos de equipamentos, ou então a alteração dos dias de estocagem para que os volumes dos tanques necessários não sejam muito elevados.

REFERÊNCIAS

- [1] ALMEIDA, V. F., et al. Biodiesel production from mixtures of waste fish oil, palm oil and waste frying oil: Optimization of fuel properties. *Fuel Processing Technology*, v.133, p. 152–160, 2015.
- [2] KHAN, T. M. Y., et al. Recent scenario and technologies to utilize non-edible oils for biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 37, p. 840–851, 2014.
- [3] COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Registro começa a coletar óleo de fritura para reciclagem. *Farol comunitário*, São Paulo, mar. 2009. Disponível em: <http://www.farolcomunitario.com.br/sp_004_0165.htm> Acesso em 10 out. 2016.
- [4] PARENTE, E. J. D. S. **Produtor de Biodiesel**. Fortaleza: Fundação Demócrito Rocha, 2008.
- [5] MARCHETTI, J. M.; MIGUEL, V. U.; ERRAZU, A. F. Possible methods for biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 11, p. 1300–1311, 2007.
- [6] GUZATTO, R. et al. Transesterification double step process modification for ethyl ester biodiesel production from vegetable and waste oils. *Fuel*, v. 92, p. 197–203, 2012.
- [7] AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. *Boletim Mensal do Biodiesel*, p. 1-13, 2016.
- [8] SHIKIDA, P.F.A., et al., Análise econômica-financeira da implantação de uma mini-usina de biodiesel em Marechal Cândido Rondon Paraná. *Desafio*, v. 10, p. 21-37, 2009.
- [9] CASTRO JR., A. G. **Biodiesel de dendê: Um estudo de viabilidade econômico-financeira no estado do Pará**. 2012. 137f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) - Programa de Pós-Graduação em Agroenergia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- [10] ABREU, P. S. M. **Análise econômica dos processos de produção do biodiesel de soja: Rota química x rota enzimática**. 2013. 84 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- [11] MARTINS, L. O. S.; CARNEIRO, R. A. F. 2014. Análise econômico-financeira da implantação de uma mini usina de biodiesel de sebo bovino em Feira de Santana – Bahia. *Bioenergia em revista: diálogos*, v. 1, p. 59-72, 2014.
- [12] CHRISTOFF, P. **Produção de biodiesel a partir do óleo residual de fritura comercial**. 2006. 83 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologias) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologias, Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento e Instituto de Tecnologia do Paraná, Curitiba, 2006.
- [13] COSTA, R. A. B. **Estudo das eficiências de operação e consumo de energia em plantas de produção de biodiesel**. 2009. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- [14] DIB, F. H. **Produção de biodiesel a partir de óleo residual reciclado e realização de testes comparativos com outros tipos de biodiesel e proporções de mistura em um moto – gerador**. 2010. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.
- [15] QUERINO, V. S. **Balanco de massa e energia em uma planta de produção de bioquerosene**. 2014. 52 f. Monografia (Engenharia Química), Universidade de São Paulo, Lorena, 2014.
- [16] SMITH, J.M.; VAN NESS, H.C.; ABBOTT, M.M., **Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química**, 7.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

- [17] HIMMELBLAU, D. M., RIGGS, J. B. **Engenharia Química, Princípios e Cálculos**, 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- [18] MENEZES, E. A. W., SILVA, F. T., MARCHIORO, M. K. Projeto e construção de um trocador de calor e de um medidor de vazão para o resfriamento de mosto de cerveja. 2011. 17f. *Trabalhos de Medições Térmicas*, Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, 2011.
- [19] PERLINGEIRO, C. A. G. **Engenharia de processos: Análise, simulação, otimização e síntese de processos químicos**, 1.ed. São Paulo, Blucher, 2005.
- [20] CHEMICAL ENGINEERING COST INDEX. 2015. Chemical Engineering, Disponível em: <<http://www.chemengonline.com/>>. Acesso em: 27 abr. 2016.
- [21] CIRIMINNA, R., PINA, C. D., ROSSI, M., PAGLIARO, M. Understanding the Glycerol Market. *European Journal of Lipid Science and Technology*, v. 116, p. 1432–1439, 2014.
- [22] U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. Clean Cities Alternative Fuel Price Report. 2015. Disponível em: <http://www.afdc.energy.gov/uploads/publication/alternative_fuel_price_report_july_2015.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2016.
- [23] GUABIROBA, R. C. S; D’AGOSTO, M.A. O impacto do custo de coleta do óleo residual de fritura disperso em áreas urbanas no custo total de produção de biodiesel – estudo de caso. *Transportes*, v. 19, p. 68-76, 2011.
- [24] PETERS, M. S., TIMMERHAUS, K. D., WEST, R. E., **Plant design and economics for chemical engineers**. 5. ed., San Francisco: McGraw Hill, 2003