BRUNO CÉSAR FALKIEVICZ
JHENIFER AGUIAR DOS SANTOS
THAMYRES GONÇALVES

PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEO DE FRITURA

CURITIBA

NOVEMBRO/ 2015

REG.: 376
DATA: 15/05/2017
TQ 19.6

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA

CURSO TECNICO DE QUÍMICA

PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEO DE FRITURA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à disciplina de Processos Industriais do curso Técnico em Química do Centro Estadual de Educação Profissional de Curitiba.

Orientadora: Professora Thieme Deguchi

CURITIBA

NOVEMBRO / 2015

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 3

1.2. Tema 4

1.3. Razão Social 5

1.4. Justificativa 6

1.5. Regime de Operação 7

1.6. Localização 8

1.7. Histórico do Produto 9

1.8. Legislação Específica 12

2. Descrição do Processo 15

2.1. Descrição das Matérias-Primas 16

2.1.1 Óleo residual 16

2.1.2 Metanol 16

2.1.3 Hidróxido De Sódio 18

2.2. Descrição Detalhada 19

2.3. Fluxograma 21

3. Tratamento de Resíduos 22

4. Balanço de Massa 25

5. Balanço de Energia 26

6. Análise Econômica 27

7. Referências Bibliográficas 31

1. INTRODUÇÃO

O projeto de uma indústria consiste na formulação de um plano completo para a criação de bens e serviços. Este plano envolve a escolha da localização, do plano diretor, dos processos, equipamentos, arranjo físico (layout), número de funcionários e edificações. O desenvolvimento do projeto abrange o estudo de diferentes alternativas em cada fase de planejamento, a fim de conduzir as decisões mais econômicas em longo prazo.

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso é apresentar o projeto básico de uma indústria de produção de biodiesel a partir de óleo residual de fritura.

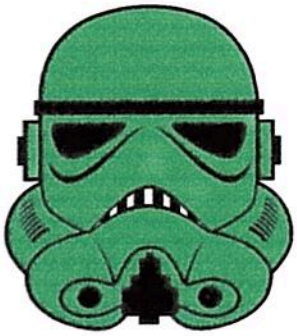
1.2. TEMA

O projeto trata-se da produção do biodiesel a partir do óleo residual de fritura recolhido dos estabelecimentos comerciais próximos de Curitiba e do álcool metílico.

O biodiesel é distribuído em caminhões tanque de 20 mil litros cada, para empresas de abastecimento em Curitiba e região metropolitana.

1.3. RAZÃO SOCIAL

A biotrooper, sabendo das necessidades mundiais emergentes de combustíveis sustentáveis, busca, da maneira mais ecológica possível, produzir biodiesel a partir do óleo residual, tratando de dois problemas ambientais de uma só vez e eficientemente. Tendo como número de CNPJ (12.624.302/9270-00).



BIOTROOPER

(Logomarca da empresa)

1.4. JUSTIFICATIVA

A preocupação ambiental dentro das empresas possui grande importância, pois o ambiente onde estão produzindo é finito, e os gases e substâncias tóxicas produzidas em grandes quantidades como subprodutos podem acelerar ainda mais a degradação do meio ambiente.

Os biocombustíveis servem como substituintes da energia proveniente de fontes não renováveis, como o petróleo, gás natural e carvão mineral, que agravam o impacto de poluentes como o CO_2, S e partículas contaminantes. Acentuando-se assim, as consequências do efeito estufa, que aumenta a temperatura do planeta, gerando consequências irreversíveis para o meio ambiente e assim, para a vida.

A coleta do óleo de fritura usado para produção de biocombustíveis colabora também para a redução dos danos a tubulações de esgoto de empresas que realizam o saneamento, preservação ambiental, além da geração de empregos. Causando melhorias em um âmbito mais abrangente do que apenas o ambiental.

1.5. REGIME DE OPERAÇÃO

A jornada de trabalho é de 24 horas/dia, 22 dias no mês, com expediente de segunda a sexta, com três turnos de 8 horas cada. Com o primeiro turno começando às 00h00min e indo até às 8h00min, segundo turno das 8h00min às 16h00min e o terceiro iniciando às 16h00min com término às 00h00min.

O quadro de funcionários da Biotrooper é composto por:

- 15 operadores
- 2 Engenheiros Químicos
- 1 Engenheiro Ambiental
- 2 Motoristas
- 3 Técnicos Químicos
- 1 Químico Chefe
- 2 Técnicos de Segurança
- 6 Guardas de Segurança
- 1 Contador
- 3 Secretárias
- 3 Cozinheiros
- 3 Secretárias
- 50 Funcionários indiretos

1.6. LOCALIZAÇÃO

A empresa produtora de biodiesel Biotrooper localiza-se em um terreno de 40 mil m² na área do CIC, conforme a imagem aérea , na Rua João Lunardelli Curitiba – PR, facilitando o transporte de matéria-prima e do produto.

(Imagem aérea do terreno)

(Imagem aérea CIC)

1.7. HISTÓRICO DO PRODUTO

A história do biodiesel data de 1895, quando dois grandes visionários, Rudolf Diesel e Henry Ford, descobriram nos óleos vegetais um combustível e um caminho para o desenvolvimento industrial. Pesquisaram diversos combustíveis que pudessem ser utilizados em motores, entre eles o álcool produzido a partir de biomassa. Embora tivessem seus sonhos para o desenvolvimento dos combustíveis de biomassa adiados pelo rápido avanço da indústria do petróleo, deixaram sementes férteis. (SZWARC, 2003).

Entretanto, segundo as citações contidas no Manual do Biodiesel, no capítulo 2°, a utilização de óleo vegetal no motor diesel foi testada por solicitação do governo francês. A intenção era estimular a autossuficiência energética nas suas colônias do continente africano, minimizando os custos relativos às importações de carvão e de combustíveis líquidos. O óleo selecionado para os testes foi o de amendoim, cuja cultura era abundante nos países de clima tropical. O motor diesel, produzido pela companhia francesa Otto, movido a óleo de amendoim, foi apresentado na Exposição de Paris, em 1900. Outros experimentos conduzidos por Rudolf Diesel foram realizados em São Petersburgo, na Rússia, com locomotivas movidas a óleo de mamona e a óleos animais. Em ambos os casos, os resultados foram muito satisfatórios e os motores apresentaram bons desempenhos.

Nos 30 anos seguintes houve descontinuidade do uso de óleo vegetais como combustível, provocada, principalmente, pelo baixo custo do óleo diesel de fonte mineral, por alterações políticas no governo francês, incentivador inicial, e por razões técnicas. (Prestes, 2007).

Quando eclodiu a Segunda Guerra Mundial, muitos governos sentiram-se inseguros com o suprimento dos derivados de petróleo e passaram a adotar o óleo vegetal como combustível de emergência. As indústrias de esmagamento e produção de óleo, instaladas para suprir a demanda emergencial, não dispunham de uma base tecnológica adequada e acabaram não progredindo após 1945, com o encerramento do conflito mundial. Contudo, a utilização do óleo vegetal como combustível deixou um importante legado no meio científico, abrindo caminhos para muitas pesquisas sobre a temática. Países como os EUA, a Alemanha e a Índia deram sequência a pesquisas e atualmente desfrutam de importantes posições

mundiais como referência no uso de óleos vegetais como combustíveis. (Prestes, 2007).

Passados mais de cem anos, a associação dos óleos vegetais com o álcool, em um processo químico conhecido como transesterificação (processo de separação da glicerina do óleo vegetal), pode viabilizar um novo combustível de origem renovável para o Brasil: o éster de óleo vegetal, também conhecido como biodiesel. (Pacheco, 2006).

As alternativas de matéria-prima para o fornecimento do óleo vegetal são diversas no Brasil, caso do girassol, do pinhão manso, da soja, do amendoim, do algodão, do dendê, do milho, entre tantas outras que podem ser cultivadas de acordo com a aptidão agrícola e o clima de cada região do País.

No Brasil, a trajetória do biodiesel começou a ser delineada com as iniciativas de estudos realizados pelo Instituto Nacional de Tecnologia, na década de 20 do século 20, e ganhou destaque em meados de 1970, com a criação do Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Pró-óleo), que nasceu na esteira da primeira crise do petróleo. (Ching, 2007).

Em 1980, o Plano passou a ser o Programa Nacional de Óleos Vegetais para Fins Energéticos, pela Resolução n° 7 do Conselho Nacional de Energia. O objetivo do programa era promover a substituição de até 30% de óleo diesel, apoiado na produção de soja, amendoim, colza e girassol. Novamente, a estabilização dos preços do petróleo e a entrada do Proálcool, juntamente com o alto custo da produção e esmagamento das oleaginosas, foram fatores determinantes para a desaceleração do programa.

No entanto, apesar da escassez de incentivos e da desaceleração dos programas governamentais, muitas experiências concretas seguiram o seu curso. Vale registrar um importante marco de iniciativa privada que ocorreu em 1980, com o pedido de registro da primeira patente brasileira pelo engenheiro químico Expedito José de Sá Parente. Esse registro, no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), saiu em 1983, sendo considerado uma referência para o país. (SEBRAE, 2008).

As primeiras avaliações de viabilidade do uso de óleos vegetais in natura e de biodiesel (mistura do óleo vegetal + álcool) começaram em 1982, quando foram realizados diversos testes com a colaboração da indústria automobilística. Dentre os

vários combustíveis testados, vale mencionar o éster etílico de soja puro e a mistura de 30% de éster etílico de soja e 70% de óleo diesel. (Pacheco, 2006).

Embora os resultados dos testes tenham sido especialmente animadores para o biodiesel, e várias tentativas de desenvolvimento de um mercado tenham sido feitas, os altos custos do produto, à época, inibiram o seu uso comercial. Com a elevação dos preços do óleo diesel e dos demais derivados de petróleo, o biodiesel passou a ser visto como uma alternativa economicamente viável.

Considerando um produto nobre, biodiesel pode ser adicionado ao óleo diesel em concentração de 1% a 2%, simplesmente com o objetivo de melhorar a lubricidade do combustível. (SZWARC, 2003).

Experiências realizadas demonstram que, para misturas de óleo diesel com até 20% de biodiesel, não há necessidade de alterações no veiculo ou no motor. Mas já estão sendo feitas pesquisas, com sucesso, para o caso de utilização do biodiesel na forma pura, em alguns transportes coletivos, tratores, caminhões e caminhonetes. (Pacheco, 2006).

1.8. LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA

Os principais decretos, leis, portarias, resoluções e instruções normativas que disciplinam o biodiesel são:

- Decreto de 02 de julho de 2003 – Institui Grupo de Trabalho Interministerial encarregado de apresentar estudos sobre a viabilidade de utilização de óleo vegetal - biodiesel como fonte alternativa de energia, propondo, caso necessário, as ações necessárias para o uso do biodiesel.
- Decreto de 23 de dezembro de 2003 – Institui a Comissão Executiva Interministerial encarregada da implantação das ações direcionadas à produção e ao uso de óleo vegetal - biodiesel como fonte alternativa de energia.
- Resolução ANP n° 25, de 02/09/2008 – Estabelece a regulamentação e a obrigatoriedade de autorização da ANP para o exercício da atividade de produção de biodiesel.
- Portaria ANP n° 240, de 25/08/2003 – Estabelece a regulamentação para a utilização de combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos não especificados no País.
- Resolução ANP nº 02 de 29/01/2008 – Estabelece a obrigatoriedade de autorização prévia da ANP para a utilização de biodiesel, B100, e de suas misturas com óleo diesel, em teores diversos do autorizado pela legislação vigente, destinados ao uso específico.
- Lei nº 11.097, de 13/01/2005 – Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências.
- Decreto nº 5.448, de 20/05/2005 – Regulamenta o § 1º do art. 2º da Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, que dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, e dá outras providências.

- Resolução CNPE nº 3, de 23/09/2005 – Reduz o prazo de que trata o § 1º do art. 2º da Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, e dá outras providências.
- Instrução Normativa MDA nº 01, de 19/02/2009 Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão de uso do selo combustível social.
- Instrução Normativa MDA nº 02, de 30/09/2005 – Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos ao enquadramento de projetos de produção de biodiesel ao selo combustível social.
- Resolução ANP n° 42, de 24/11/2004 – Estabelece a especificação para a comercialização de biodiesel que poderá ser adicionado ao óleo diesel na proporção 2% em volume.
- Resolução ANP n º 31, de 04/11/2005 – Regula a realização de leilões públicos para aquisição de biodiesel.
- Resolução ANP n° 33, de 30/10/2007 – Dispõe sobre o percentual mínimo obrigatório de biodiesel, de que trata a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, referente ao ano de 2008, a ser contratado mediante leilões para aquisição de biodiesel, a serem realizados pela ANP.
- Resolução ANP n° 45, de 11/12/2007 – Estabelece que os produtores de óleo diesel, Petróleo Brasileiro S.A. – Petrobras e Alberto Pasqualini – Refap S.A., adquirentes nos Pregões Eletrônicos nºs 069/07-ANP e 070/07-ANP, devem adquirir biodiesel, com o intuito de formar estoque, em volume superior à demanda mensal desse produto para atendimento ao percentual mínimo de adição obrigatória ao óleo diesel, nos termos da Lei nº 11.097, de 16 de janeiro de 2005.
- Resolução nº 2 do CNPE, de 13/03/2008 – Estabelece em três por cento, em volume, o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final, nos termos do art. 2º da Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005.
- Resolução ANP nº 07, de 19/03/2008 – Estabelece a especificação do biodiesel a ser comercializado pelos diversos agentes econômicos autorizados em todo o território nacional.

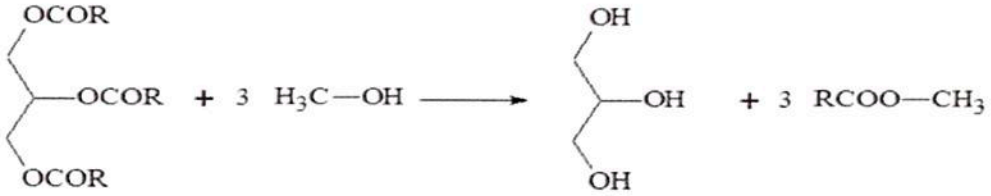
- Segundo a Resolução CONAMA 237/97, de acordo com o seu ANEXO I, a atividade industrial de produção do biodiesel é sujeita ao licenciamento ambiental e deve ser enquadrada em Indústria Química (Fabricação de combustíveis não derivados de petróleo).
- No caso da cadeia produtiva do biodiesel, a regulamentação do Licenciamento Ambiental está nas Resoluções CONAMA 01/86, 11/86, 06/86, 09/87, 13/90, 237/97 e 289/01 (anexo III).
- Resolução CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002 - "Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais". - Art. 1º Os resíduos existentes ou gerados pelas atividades industriais serão objeto de controle específico, como parte integrante do processo de licenciamento ambiental.
- Decreto Nº 5.297, de 6/12/2004 – Dispõe sobre os coeficientes de redução das alíquotas de contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins, incidentes na produção e na comercialização de biodiesel, sobre os termos e as condições para a utilização das alíquotas diferenciadas, e dá outras providências.
- Instrução Normativa SRF nº 526, de 15/03/2005 – Dispõe sobre a opção pelos regimes de incidência da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins, de que tratam o art. 52 da Lei nº 10.833, de 29 de dezembro de 2003, o art. 23 da Lei nº 10.865, de 30 de abril de 2004, e o art. 4º da Medida Provisória nº 227, de 6 de dezembro de 2004.
- Instrução Normativa SRF nº 516, de 22/02/2005 – Dispõe sobre o Registro Especial a que estão sujeitos os produtores e os importadores de biodiesel, e dá outras providências.

2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO

A produção de biodiesel a partir de óleo residual de fritura, pelo processo de transesterificação segue as seguintes etapas:

Primeiramente a matéria prima deve ser limpa por decantação, e em seguida filtrada para a retirada das impurezas, que somam 6% do óleo total utilizado. Sendo acondicionada em um tanque para ser levada ao reator.

Após essa etapa, o óleo agora limpo é colocado em um reator de inox, sob constante agitação a 60º C, onde ocorre à reação de transesterificação com um álcool (Metanol) e um catalisador (NaOH). Tal reação ocorrendo entre 2 e 3 horas:



Assim que concluída a reação, o produto é levado para um tanque de separação por bombeamento e após descanso (decantação) por 24 horas é feita a separação de fases (biodiesel e glicerina). O biodiesel, fase leve, é extraído por um sistema de drenagem e a fase pesada é constituída de glicerina bruta (96%), com álcool (2,45%), água (1,36%) e o catalisador (50% do total). Já a faze leve é composta por ésteres (metílicos), sabão, água, excesso de reagentes e catalisador (50% do total).

O álcool é recuperado pelo processo de destilação de ambos os produtos, biodiesel e glicerina, para reutilização no processo. Após sua recuperação o álcool ainda possui quantias significativas de água, por isso necessita ser desidratado por destilação.

O biodiesel retirado deve ser lavado (purificação), para retirada de efluentes (Sabão, Excesso de Reagentes), utilizando cerca de 1/3 de água em relação a massa da fase leve remanescente da destilação do álcool. Em seguida, o biodiesel vai para um secador para eliminar a umidade (cerca de 11,5%), finalizando então o processo.

A glicerina bruta ainda que apresentando impurezas convencionais, já pode ser vendida, porém a sua purificação faz com que a mesma obtenha um valor mais favorável no mercado. Essa purificação é feita por destilação a vácuo, o que resulta em um produto mais limpo e transparente.

2.1. DESCRIÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

2.1.1 Óleo residual

Os óleos e gorduras são substâncias insolúveis em água (hidrofóbicas), de origem animal, vegetal ou mesmo microbiana, formadas predominantemente de produtos de condensação entre "glicerol" e "ácidos graxos" chamados triglicerídeos. A diferença entre óleo (líquido) e gordura (sólida), reside na proporção de grupos acila saturados e insaturados presentes nos triglicerídeos, nos óleos as cadeias carbônicas são insaturadas, tornando-os líquidos à temperatura ambiente de 20° C, ao passo que nas gorduras as cadeias carbônicas são saturadas, deixando-as sólidas à mesma temperatura ambiente. Portanto, os óleos e gorduras comestíveis são constituídos principalmente de triglicerídeos (MORETTO e FETT, 1998).

O óleo residual para a produção de biodiesel vem se fazendo favorável diante da preocupação da população com o meio ambiente e o aumento dos preços dos combustíveis derivados do petróleo, dentro das qualidades que o biodiesel oferece podemos citar a reutilização de um resíduo como matéria-prima, o aumento da vida útil do motor, menor emissão de gases causadores do efeito estufa. Um grande aspecto favorável com relação ao uso do biodiesel de óleo residual consiste nas propriedades físico-químicas, as quais são semelhantes as do diesel. O elevado ponto de fulgor do bicombustível confere maior segurança de manuseio e de transporte do fluido (KNOTHE *et al.*, 2006).

Existem três principais vantagens decorrentes da utilização de óleos residuais de fritura como matéria-prima para produção de biodiesel: A primeira, de cunho tecnológico, caracteriza-se pela dispensa do processo de extração do óleo; a segunda, de cunho econômico, caracteriza-se pelo custo da matéria-prima, pois por se tratar de um resíduo o óleo residual de fritura tem seu preço de mercado estabelecido; e a terceira, de cunho ambiental, caracteriza-se pela destinação adequada de um resíduo que, em geral, é descartado inadequadamente impactando o solo e o lençol freático e, consequentemente, a biota desses sistemas.

2.1.2 Metanol

O álcool metílico (metanol) é um líquido claro, incolor, volátil, altamente polar com um odor característico. Apresenta densidade de 0,7932 a 20 °C, temperatura de fusão de -97,5 °C a 760 mm Hg e temperatura de ebulição de 64,5 °C. É miscível em

água, álcool e éter. É uma das matérias-primas básicas na indústria da química orgânica. E apresenta reações típicas de álcoois alifáticos.

Os maiores usos do Metanol são na produção de formaldeído e biodiesel, também é bastante utilizado como matéria-prima para a produção de Metilmetacrilato, Metilacrilato e Metilaminas.

É usado como solvente, em grande parte, devido a sua miscibilidade com a maioria dos solventes orgânicos. Este álcool é um excelente combustível para motores alternativos de alta compressão, bem como um dos combustíveis usados em aviões a jatos e foguetes.

O metanol é o álcool predominante utilizado em todo o mundo para a produção de ésteres de ácidos graxos. Ésteres metílicos de ácidos graxos são empregados como biodiesel na grande maioria dos laboratórios, testes em motores estacionários, testes de campo e demonstrações práticas. As razões para esta escolha se devem ao fato de que o metanol é de longe o mais barato dos álcoois, e apresenta vantagens de natureza física e química (cadeia curta e polaridade).

É fato bastante reconhecido, a importância do álcool etílico no mercado brasileiro. Entretanto, é oportuno que sejam esclarecidos os seguintes aspectos, a propósito das vantagens comparativas do uso do metanol na transesterificação:

- O consumo de metanol no processo de transesterificação é cerca de 45% menor que do etanol anidro;
- Para uma mesma taxa de conversão, o tempo de reação utilizando o metanol é cerca de metade do tempo quando se emprega o etanol;
- Considerando a mesma produção de biodiesel, o consumo de vapor na rota metílica é cerca de 20% do consumo na rota etílica, e o consumo de eletricidade é menos da metade;
- Os equipamentos da planta com rota metílica são cerca de um quarto do volume dos equipamentos para a rota etílica.
- A desidratação do metanol é bastante simples e fácil de ser conduzida, uma vez que a volatilidade relativa dos constituintes dessa mistura é muito grande e inexiste e azeotropia. A desidratação do etanol é mais difícil em razão da azeotropia, associada à volatilidade relativa não tão acentuada.

2.1.3 Hidróxido De Sódio

O hidróxido de sódio, ou soda cáustica, é um sólido branco, muito higroscópico, inorgânico, comercializado na forma de escamas, pó, lentilhas, pérolas e micro pérolas. Apresenta massa específica de 2,12 g/mL, ponto de fusão de 318,4 ºC e ponto de ebulição de 1390 ºC. A fabricação do hidróxido de sódio é de extrema importância para diversos segmentos industriais. Esta base é considerada como uma das mais importantes, pois além de ser usada para a produção de tecidos e papel, participa como insumo na fabricação de diversos produtos. (DA SILVA, 2000).

O uso das soluções de NaOH datam do século XVIII, porém o pioneirismo da fabricação industrial do hidróxido de sódio sólido comercial é atribuída ao processo (LeBlanc, 1853).

Para a produção de biodiesel, a reação de transesterificação pode ocorrer tanto em meio ácido como básico. No entanto, a catálise alcalina (hidróxido de sódio ou potássio ou o correspondente alcóxido) é muito mais rápida que a ácida. É indicado usar cerca de 0,5% em relação ao peso do óleo. Catalisadores básicos, como os citados acima, aceleram a reação em torno de 4 mil vezes a mais que catalisadores ácidos, como o ácido clorídrico, além de serem mais viáveis economicamente.

No entanto, a utilização de catalisadores básicos promove um maior nível de saponificação no processo, pois o catalisador reage com os ácidos graxos livres do óleo, formando sabão. A cada 1% em peso de soda cáustica usada como catalisador, cerca de 7% em peso de sabão serão originados. (BARROS e JARDINE, 2003)

A catálise básica permite a utilização de temperaturas e pressões menores, diminuindo os custos energéticos e de instalação dos reatores. Além disso, a catálise alcalina permite o uso de menores relações molares álcool/óleo. (DE SOUZA,2006)

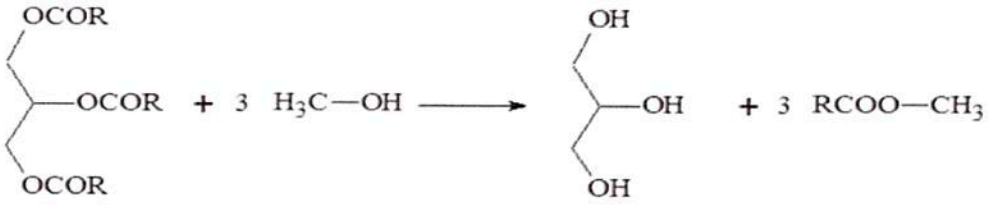
2.2. DESCRIÇÃO DETALHADA

A matéria-prima do processo, que se encontra em um tanque de inox, é transferida por bombeamento para um tanque decantador, o qual separa os resíduos sólidos remanescentes de sua utilização primária por gravidade e transfere o óleo com bombas para um filtro industrial autolimpante, que separa o material indesejado do óleo que será utilizado na reação.

Após acumulado em um tanque próprio, o óleo é enviado ao reator batelada de inox encamisado (tanque com agitação mecânica capaz de ser aquecido até os 60 ºC desejados para o processo com o auxílio do óleo térmico que é mais vantajoso economicamente que o vapor, por não ser necessária a compra de uma caldeira, sendo tal óleo aquecido com o auxílio de um aquecedor elétrico de passagem), juntamente com o metanol e hidróxido de sódio, ambos acondicionados separadamente em tanques, e também bombeados ao reator nas quantidades desejadas. Uma amostra do óleo térmico é submetida à análise toda semana, para verificação de suas propriedades e condições e se necessário posterior correção.

Após a reação de transesterificação que leva cerca de 2 a 3 horas para ocorrer, os reagentes passam para um tanque de separação, que age gravitacionalmente e assim formam-se duas fases de diferentes densidades contendo o biodiesel e a glicerina com excesso de reagentes, o processo dura cerca de 24 horas.

Reação de Transesterificação :



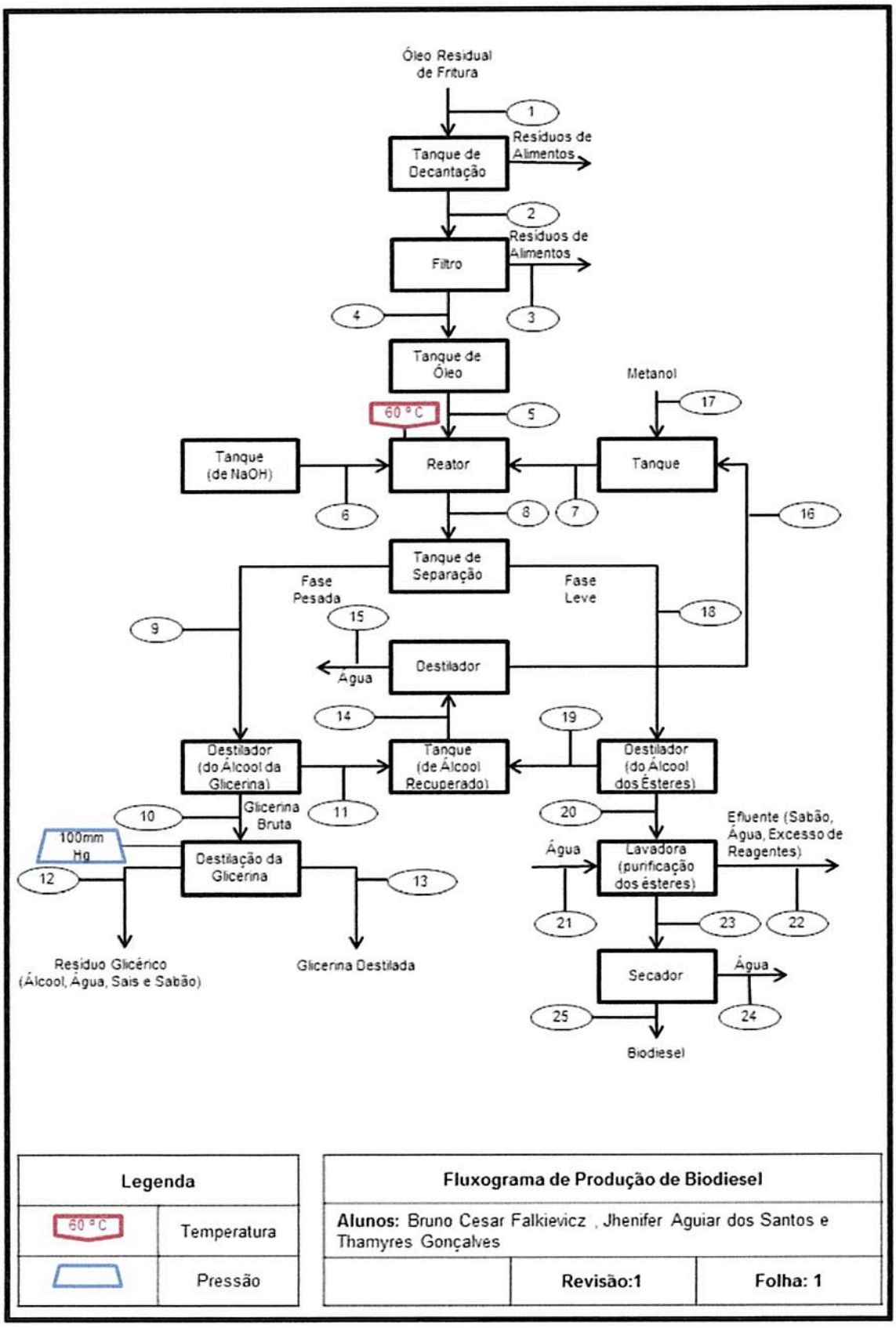
A fase pesada é encaminhada para uma coluna de destilação que é aquecida a uma temperatura de 65 ºC para que ocorra a separação do metanol. Na destilação fracionada, são separados líquidos miscíveis com diferentes pontos de ebulição. Durante o aquecimento da mistura, é separado inicialmente, o líquido de menor temperatura; depois, o líquido com temperatura intermediária, e assim sucessivamente.

O restante da mistura segue para um destilador à vácuo com pressão de 100mmHg para a purificação da glicerina, eliminando assim o resíduo glicérico (sabão, água, excesso de reagentes) e promovendo a obtenção da glicerina destilada, que possui maior valor comercial pelo alto de grau de pureza. A destilação à vácuo ou à pressão reduzida é usada para destilar misturas de alto ponto de ebulição ou susceptíveis a decomposição térmica. Quando se reduz a pressão (entre 0,01 e 100 mmHg) reduz-se também a temperatura de ebulição, o que permite a separação dos componentes da mistura a temperatura inferior à da sua decomposição química.

Após a separação de fases, a fase mais leve segue para outra coluna de destilação, também aquecida a 65 °C, temperatura de ebulição do metanol. Em seguida, a mistura remanescente é encaminhada a um tanque misturador de lavagem (que solubiliza os reagentes em excesso com água destilada que são posteriormente eliminados. O biodiesel, ainda com excesso de água, é conduzido para um secador a 100 °C para a vaporização da mesma. O produto final obtido será o biodiesel puro, enviado para um tanque e distribuído posteriormente.

O excesso de metanol, recuperado em ambas as fases (leve e pesada) é direcionado a um tanque de inox, que bombeia o álcool recuperado para uma coluna de destilação. O metanol é utilizado no lugar do etanol devido a sua fácil destilação, uma vez que não forma uma mistura azeotrópica com a água, que é o caso do etanol. A água é eliminada, e o álcool recuperado é encaminhado novamente ao do tanque do inicio do processo.

2.3. FLUXOGRAMA



Legenda	
60 °C	Temperatura
	Pressão

Fluxograma de Produção de Biodiesel		
Alunos: Bruno Cesar Falkievicz , Jhenifer Aguiar dos Santos e Thamyres Gonçalves		
	Revisão:1	**Folha: 1**

3. TRATAMENTO DE RESÍDUOS

A transesterificação é o processo mais utilizado atualmente para a produção do biodiesel. Consiste numa reação química dos óleos vegetais ou gorduras animais com um álcool de cadeia curta, em presença de um catalisador, da qual também se extrai a glicerina, produto com aplicações diversas na indústria química.

• **Glicerina** - Originada pelo processo de produção de biodiesel por transesterificação, a glicerina é considerada como um sub-produto do biodiesel. Tem aparência aquosa, é incolor, inodora e mistura com a água. A glicerina apresenta-se como matéria-prima para a produção dos seguintes produtos:

- tintas e vernizes (solvente);
- adesivos;produtos médico-farmacêuticos
- produtos cosméticos (emolientes);
- plásticos biodegradáveis;
- produtos têxteis;
- lubrificantes em diversas aplicações práticas;
- fabricação de resinas alquídricas;
- explosivos (nitroglicerina, dinamite);
- resinas de ésteres;
- plastificante para celulose regenerada;
- agente emulsionante;
- rolos de tinta de impressão;
- ligante para cimento e mistura.

São considerados, também, como reusos da glicerina, a utilização da mesma na indústria química ("glicerolquímica") e como combustível para caldeiras (queima controlada). Algumas medidas de segurança devem ser tomadas no caso de

vazamento da glicerina, tais como: chamar o corpo de bombeiros, parar o vazamento, isolar e remover o material derramado.

O armazenamento da glicerina deve ser à temperatura ambiente e, no caso de transporte da substância, a ventilação deve ser aberta por pressão ou a vácuo. A glicerina apresenta certa estabilidade durante seu transporte.

A glicerina bruta do processo de transesterificação contém impurezas e, se for purificada, terá um valor de mercado muito mais favorável. A purificação da glicerina bruta pode ser feita por destilação a vácuo, gerando um produto límpido e transparente (PARENTE, 2003).

• **Farinha Desengordurada e Cascas** - O processo de extração do óleo vegetal, em geral obtido por prensagem, extração com solventes e posterior purificação e refino, deixa um resíduo desengordurado denominado de farinha desengordurada, também chamado de farelo, e cascas. A origem destes resíduos se dá através da limpeza, preparo e moagem de grãos, bagas e amêndoas. Para cada 1 tonelada de soja se extrai, aproximadamente, 600 kg de farinha desengordurada e cerca de 50 kg de casca. Destes resíduos se extraem a proteína e fibras, compostos pelas mesmas e por celulose, apresentando um teor de umidade de 40 a 60%. A farinha desengordurada, bem como as cascas podem ser reutilizadas na co-geração de energia elétrica, obtenção de adubo orgânico, produção de ração animal e produção de aglomerados.

• **Efluentes** - É considerado efluente toda a água residual, que apresente composição variável, dependendo do tipo e da quantidade dos óleos processados. São ricos em sabões, lecitina, ceras e substâncias coloidais. A proporção de efluentes gerados é de 10 l por 10 kg de produtos gerados. As características específicas dos efluentes são: a alta Demanda Química de Oxigênio – DQO (na faixa entre 4.000 a 6.000 mg/l) e alto teor de óleos, graxas (O&G), sulfatos, sólidos em suspensão (SS), nitrogênio e fosfatos. Além disso, há também compostos fenólicos, metais pesados, catalisadores, substâncias oxidáveis e pesticidas usados no crescimento do vegetal. Os contaminantes típicos na etapa de refino são a matéria graxa em suspensão ou micro-dispersa, contidos no efluente líquido. As técnicas mais aplicadas no tratamento dos efluentes de refinarias de óleos vegetais são: processos físico-químicos, sendo os mais importantes a flotação, floculação e

coagulação, e, posteriormente, os processos biológicos que podem ser: sistemas de lodos ativados ou lagoas de aeração. Após o tratamento do efluente, o material resultante é reutilizado na obtenção de composto para adubo orgânico.

• **Efluente da Lavagem do Biodiesel** - São resíduos originados da etapa que consiste na lavagem do biodiesel e são compostos por sabão, resíduos de catalisadores e água acidificada. Vale lembrar que para cada tonelada de biodiesel processado, 20% de efluente é gerado. Algumas características específicas do efluente podem ser observadas a seguir:

− DBO na faixa entre 3.000 a 4.000 mg/l;

− DQO na faixa entre 60.000 a 80.000 mg/l;

− presença de ácidos, bases e sais.

• **Resíduo Glicérico** - A partir da destilação da glicerina origina-se o Resíduo Glicérico, o qual corresponde entre 10 e 15% do peso da glicerina bruta. Existem possíveis linhas de aplicação a serem pesquisadas para o reuso do resíduo glicérico, quais sejam:

− energia;

− adubo orgânico;

− produção de álcool;

− catalisador (cinza);

− construção civil.

4. BALANÇO DE MASSA

Balanço De Massa								
kg	1	2	3	4	5	6	7	8
Metanol	0	0	0	0	0	0	70212765,95	4212765,95
Óleo	140425531,9	140425531,9	0	132334955,4	132334955,4	0	0	330827,0677
NaOH(cat)	0	0	0	0	0	2640000	0	2640000
Resíduos	0	0	8425531,915	0	0	0	0	0
Água	0	0	0	0	0	0	0	0
Biodiesel	0	0	0	0	0	0	0	
Glicerina Bruta	0	0	0	0	0	0	0	47757600
Resíduo Glicérico	0	0	0	0	0	0	0	0
Glicerina Destilada	0	0	0	0	0	0	0	0
Efluente	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	140425531,9	140425531,9	8425531,915	132000000	132334955,4	2640000	70212765,95	183641193
% Metanol	0	0	0	0	0	0	100	2,29
% Óleo	100	100	0	100	100	0	0	0,18
% NaOH	0	0	0	0	0	100	0	1,44
% Resíduos	0	0	100	0	0	0	0	0,00
% Água	0	0	0	0	0	0	0	0,00
% Biodiesel	0	0	0	0	0	0	0	70,08
% Glicerina Bruta	0	0	0	0	0	0	0	26,01
%Resíduo Glcérico	0	0	0	0	0	0	0	0
%Glicerina Destilada	0	0	0	0	0	0	0	0
%Efluente	0	0	0	0	0	0	0	0

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1218813,75	0	1218813,75	0	0	4212765,95	0	4212765,95	66000000	2993952,2	2993952,2
330827,0677	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1320000	0	0	1320000	0	0	0	0	0	1320000	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
676566	0	676566	0	0	845707,5	845707,5	0	0	169141,5	170902,134
0	0	0	0	0	0	0	0	0	128700000	0
47757600	47757600	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	5843640	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	40593960	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51303806,82	47757600	1895380	7163640	40593960	5058473,45	845707,5	4212765,95	66000000	133183093,7	3164854,334
2,45	0	35,7	0	0	83,3	0	100	100	0,039	94,6
0,024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,18	0	0	18	0	0	0	0	0	0,021	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,36	0	64,3	0	0	16,7	100	0	0	0,04	5,4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	99,9	0
96	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	82	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

20	21	22	23	24	25
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	1320000	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	42471000	0	16731000	16731000	0
128700000	0	0	128700000	0	128700000
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	24420000	0	0	0
128700000	42471000	25740000	145431000	16731000	128700000
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	5,1	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	100	0	11,5	100	0
100	0	0	88,5	0	100
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	94,9	0	0	0

5. BALANÇO DE ENERGIA

Calor específico

Cpm= m x cf + m x cf / MT , onde:

Cpm = calor específico da mistura

M = massa

Cf = calor específico

MT = massa total

Cálculo:

Cpm= 132334955,4 x 0,502 + 70212765,95 x 0,599/ (132334955,4+70212765,95)

Cpm = 66432147,61 + 42057446,8/ 202547721,4

Com= 108489594,4/202547721,4 = 0,5356 Kcal/kgºC -> calor específico da mistura

Calor necessário

Q = m x c x ΔT

Q = quantidade de calor

m = massa

c = calor específico

ΔT = tempo final – tempo inicial

Cálculo:

Q= 202547721,4 x 0,5356 x (60-20)

Q= 4339583776 Kcal

6. ANÁLISE ECONÔMICA

CUSTOS E ÍNDICES ECONÔMICOS

1. Investimentos iniciais

Área total do terreno (m2)	40000
Área total construída (m2)	15000
Terreno alugado? (S/N)	Sim
Preço m2 do terreno	R$ 0,63
Preço m2 área construída	R$ 9.375,00

Investimento:	Total
Terreno (preço por m2)	R$ 0,63
Edificações (por m2)	R$ 9.375,00
Equipamentos	R$ 463.500,00
Veiculos	R$ 60.000,00
Instalações Elétricas	R$ 30.000,00
Instalações Hidráulicas	R$ 30.000,00
Eq. Escritório e Laboratório	R$ 50.000,00
Total de Investimentos	**R$ 642.875,63**

Equipamentos:	Preço:
Tanques de aço inox	R$ 173.500,00
Reator encamisado	R$ 120.000,00
Bombas	R$ 60.000,00
Destiladores	R$ 50.000,00
Filtro	R$ 5.000,00
Tubulações, válvulas e acessórios	R$ 50.000,00
Vidrarias	R$ 5.000,00
Total:	**R$ 463.500,00**

2. Receita

Produtos Vendidos	Qt vendida (por mês)	Preço Unitário	Total
Produto Biodiesel	12.187.500	R$ 2,05	R$ 24.984.375,00
Produto Glicerina	2.684.785,71	R$ 1,50	R$ 4.027.178,57
		Total:	**R$ 29.011.553,57**

3. Impostos

ICMS (alíquota 18%)	R$ 5.222.079,64
PIS (alíquota 1,65%)	R$ 478.690,63
CONFINS (alíquota 3%)	R$ 870.346,61
Total:	**R$ 6.571.116,88**

4. Custos

4.1 Matéria Prima

Matéria Prima	Qt comprada (por mês)	Preço Unit.	Total
Matéria metanol	7.378.390,71	R$ 12,00	R$ 88.540.688,46
Matéria hidróxido de sódio	176000	R$ 10,00	R$ 1.760.000,00
Matéria-prima VII	0	R$ 0,00	R$ 0,00
Matéria-prima X	0	R$ 0,00	R$ 0,00
			R$ 90.300.688,46

4.2 Água

Água	Qt gasta (m3 por mês)	Total
Limpeza	939	R$ 3.563,97
Higiene	313,5	R$ 1.187,07
Outros processos	3539,25	R$ 13.444,92
	Total:	**R$ 18.195,96**

4.3 Esgoto e Efluente

	Qt (m3 por mês)	Total
Esgoto	1465805,925	R$ 5.570.058,29
Efluente	2035000	R$ 7.732.995,77
	Total:	**R$ 13.303.054,06**

4.4 Energia

Gastos	Quantidade gasta	(kcal -> kW/h)	Custo mensal
Motores, iluminação e administrativo	(alíquota de 2% receita)	580231,07	R$ 242.043,39
Aquecimentos elétricos (kcal/mês)	17406932	20244,26	R$ 8.444,89
		Total:	**R$ 250.488,29**

4.5 Manutenção

Alíquota do faturamento	2%	R$ 580.231,07

4.7 Mão de Obra Direta

Função	N.º Func.	Salário/Fun		
Operador	15	R$ 1.800,00	R$ 1.440,00	R$ 3.240,00
Engenheiro Químico	2	R$ 4.500,00	R$ 3.600,00	R$ 8.100,00
Engenheiro Ambiental	1	R$ 4.344,00	R$ 3.475,20	R$ 7.819,20
Técnico Químico	3	R$ 1.850,00	R$ 1.480,00	R$ 3.330,00
Químico Chefe	1	R$ 3.000,00	R$ 2.400,00	R$ 5.400,00
Técnico de Segurança	2	R$ 2.730,00	R$ 2.184,00	R$ 4.914,00
Contador	1	R$ 2.600,00	R$ 2.080,00	R$ 4.680,00
Cozinheiro	3	R$ 1.259,00	R$ 1.007,20	R$ 2.266,20
Secretária	3	R$ 1.650,00	R$ 1.320,00	R$ 2.970,00
			Total:	**R$ 42.719,40**

4.8 Mão de Obra Indireta

Função	N.º Func.	Salário	Encargos trabalhistas (12%)	Total
Limpeza	10	R$ 1.063,00	R$ 127,56	R$ 1.190,56
Segurança	6	R$ 1.281,00	R$ 153,72	R$ 1.434,72
Motorista	2	R$ 1.498,00	R$ 179,76	R$ 1.677,76
Cozinheiro	3	R$ 1.259,00	R$ 151,08	R$ 1.410,08
Enfermeiro	2	R$ 2.600,00	R$ 312,00	R$ 2.912,00
			Total:	**R$ 8.625,12**

4.9 Pró Labore

Valor mensal	R$ 5.000,00
Encargos (20%)	R$ 1.000,00
Total:	**R$ 6.000,00**

4.10 Depreciação

Investimento	Valor	Alíquota % a a	Depreciação mensal
Edificações	R$ 9.375,00	4,00%	R$ 31,25
Equipamentos	R$ 463.500,00	10,00%	R$ 3.862,50
Veículos	R$ 60.000,00	20,00%	R$ 1.000,00
Instalações Elétricas	R$ 30.000,00	10,00%	R$ 250,00
Instalações Hidráulicas	R$ 30.000,00	10,00%	R$ 250,00
Eq. Escritório e Laboratório	R$ 50.000,00	10,00%	R$ 416,67
		Total:	**R$ 5.810,42**

4.11 Seguro

Investimento	Valor	Alíquota % a a	Custo mensal
Edificações	R$ 9.375,00	0,50%	R$ 3,91
Equipamentos	R$ 463.500,00	1,00%	R$ 386,25
Veículos	R$ 60.000,00	2,00%	R$ 100,00
Instalações Elétricas	R$ 30.000,00	1,00%	R$ 25,00
Instalações Hidráulicas	R$ 30.000,00	1,00%	R$ 25,00
Eq. Escritório e Laboratório	R$ 50.000,00	1,00%	R$ 41,67
		Total:	**R$ 581,82**

4.12 Juros sobre Capital Próprio

Capital próprio	10,00%
Alíquota % a m	R$ 642,88
Custo mensal	0,50%
	R$ 3,21

4.14 Juros Financiamento

Capital próprio	90,00%
Alíquota % a m	R$ 5.785,88
Custo mensal	1,00%
	R$ 57,86

4.16 Despesas Administrativas

percentual do faturamento	1,00%
custo mensal	**R$ 290.115,54**

4.13 Despesas Bancarias - Capital de Giro

percentual - faturamento	30,00%
valor descontado	R$ 8.703.466,07
alíquota % a m	4,00%
custo mensal	**R$ 348.138,64**

4.14 Despesas de Venda

percentual - faturamento	5,00%
custo mensal	**R$ 1.450.577,68**

4.15 Aluguel e Taxas (imóvel locado)

Custo do m2 do imóvel	R$ 10,00
Total de aluguel	**R$ 400.000,00**

5. Análise de Custos

5.1 Custos Industriais

Matéria prima	R$ 90.300.688,46
Água	R$ 0,00
Esgoto e Efluente	R$ 0,00
Energia Elétrica	R$ 242.043,39
Manutenção	R$ 580.231,07
Mão de Obra Direta	R$ 42.719,40
Total:	**R$ 91.165.682,32**

5.3 Custos Fixos

Mão de Obra Indireta	R$ 8.625,12
Pró Labore	R$ 6.000,00
Depreciação	R$ 7.060,42
Seguros	R$ 706,82
Juros sobre capital	R$ 3,96
Juros s/ financiamento	R$ 71,36
Despesas Adm.	R$ 290.115,54
Aluguel	R$ 400.000,00
Serv. Contabilidade	R$ 724,00
Total:	**R$ 713.307,22**

6. Exequibilidade Econômica

(+) Receita	R$ 29.011.553,57
(-) Custo Industrial	R$ 91.174.127,22
(-) Impostos s/ Faturamento	R$ 6.571.116,88
(=) Lucro Bruto	**-R$ 68.733.690,53**
(-) Despesas Bancarias	R$ 348.138,64
(-) Despesas de Venda	R$ 1.450.577,68
(-) Propaganda e Merketing	R$ 5.802.310,71
(-) Mão de Obra Indireta	R$ 8.625,12
(-) Pró Labore	R$ 6.000,00
(-) Seguros	R$ 706,82
(-) Despesas Adm.	R$ 290.115,54
(-) Aluguel e Taxas	R$ 400.000,00
(-) Serv de Contabilidade	R$ 724,00
(=) Lucro Operacional	**-R$ 77.040.889,05**
(-) Juros sobre capital	R$ 3,96
(-) Juros s/ financiamento	R$ 71,36
(=) Lucro Tributável	**-R$ 77.040.964,37**
(-) Imposto de Renda	R$ 0,00
(=) Lucro Liquido	**-R$ 77.040.964,37**
(-) Depreciação	R$ 7.060,42
(=) Disponibilidade Liquida	**-R$ 77.048.024,79**

4.18 Propaganda e Marketing

Tipo de indústria	Biocombustível
percentual - faturamento	20,00%
custo mensal	**R$ 5.802.310,71**

4.19 Serviços de Contabilidade

Número de contadores	1
Custo mensal	**R$ 724,00**

5.2 Custos Variáveis

Custos Industriais	R$ 42.719,40
Despesas Bancarias	R$ 348.138,64
Despesas de Vendas	**R$ 1.450.577,68**
Propaganda e Marketing	R$ 5.802.310,71
Total:	**R$ 7.643.746,44**

7. Ponto de Equilíbrio

$$\frac{\text{Custos Fixos}}{\text{Receita - Custos Variáveis}}$$

PE = 3,34%

8. Rentabilidade Líquida

$$\frac{\text{Lucro Líquido}}{\text{Investimentos}}$$

RL = -9716,65%

9. Lucratividade

$$\frac{\text{Lucro Líquido}}{\text{Receita}}$$

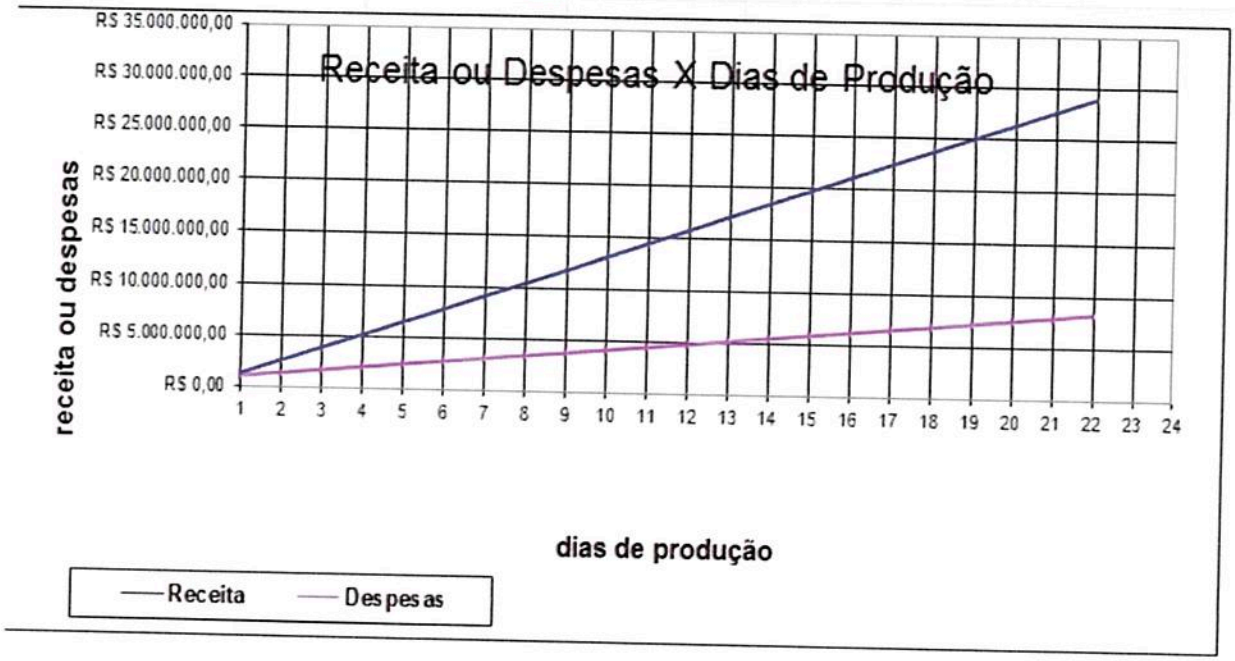
L = -265,55%

10. Retorno do Investimento

Em meses:	Negativo
Em anos:	Negativo

11. Ponto de Equilíbrio

Dias trabalhados por mês 22



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHING, Wang. 2007. **Biodiesel SEBRAE**. Disponível em: <http://www.storck.com.br/site_biodiesel/Figuras%20para%20site/Cartilha_Sebrae%20biodiesel.pdf>. Acesso em: 15/09/2015

Biodiesel. Ministério da Educação. Brasília, 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/cartilha_biodiesel.pdf>. Acesso em: 15/09/2015

PACHECO, Eliezer. **Cartilha Sobre Biodiesel – MEC**, 2006. Acesso em: 15/09/2015

DA SILVA , Illana Muniz Canto Brum . **Métodos de Preparação Industrial de Solventes e Reagentes Químicos**. Revista Virtual de Química ISSN 1984-6835 Vol. 4 Número 1. Disponível em: < https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&cad=rja&uact=8&ved=0CDkQFjAEahUKEwi4m8mx0tHIAhWKEJAKHYsRDzM&url=http%3A%2F%2Fwww.uff.br%2FRVQ%2Findex.php%2Frvq%2Farticle%2FviewFile%2F228%2F217&usg=AFQjCNE7ON-OBg30_HJaypGmwQTadepgzg&bvm=bv.105454873,d.Y2I>. Acesso em: 05/10/2015

Coleta Seletiva De Óleo Residual De Fritura Para Aproveitamento Industrial. <http://www.pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/Continua/COLETA%20SELETIVA%20DE%20%C3%93LEO%20RESIDUAL%20DE%20FRITURA%20PARA%20AP%E2%80%A6.pdf>.Acesso em: 05/10/2015

Disponível em: < http://www.copenor.com.br/compos.php?m=site.pagina&pag=168&idioma=br>. Acesso em: 05/10/2015

SILVA, L.R.A.; GOLÇALVES, C.R.; COSTA, F.G.; GUALBERTO, M.A.M. **Produção De Biodiesel A Partir Da Mistura De Óleo Residual De Girassol E Soja**. Disponível em: < http://www.abq.org.br/biocom/trabalhos_detalhes,6458.html>. Acesso em: 20/10/2015

MIYASHIRO, Caroline Sayury et al. **Produção de biodiesel a partir da transeterificação de óleos residuais**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 2, n. 3.

Identificação Das Alternativas Tecnológicas De Controle, Tratamento E Reuso De Resíduos Industriais. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/item_8.pdf>. Acesso em: 20/10/2015

BARROS ,Talita Delgrossi ; JARDINE , José Gilberto . **Transesterificação**. Disponível em: < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fj0847od02wyiv802hvm3juldruvi.html>. Acesso em:20/10/2015

DE SOUZA, Carlos Alexandre. Sistemas catalíticos na produção de biodiesel por meio de óleo residual. An. 6. Enc. Energ. Meio Rural, 2006. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000200040&script=sci_arttext>. Acesso em: 20/10/2015

FILHO, Wanderley Feliciano; JÚNIOR, José Pereira. **Artigo técnico - Introdução ao Biodiesel.** Disponível em: <http://www.crq4.org.br/informativomat_249>. Acesso em : 20/10/2015

KNOTHE, G.; VAN GERPEN, J.; KRAHL, J.; RAMOS, L. P. **Manual de biodiesel**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

MORETTO, Eliane; FETT, Roseane. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela Editora e Livraria Ltda, 1998.

Reaproveitamento do óleo residual de fritura: Menos resíduos mais energia. Disponível em: <http://energiaparavida.org/reaproveitamento-do-oleo-residual-de-fritura-menos-residuos-mais-energia/>. Acesso em: 27/10/2015

Balanço De Massa Do Processo De Produção De Biodiesel Visando A Recuperação Do Metanol Residual. Disponível em: < http://coral.ufsm.br/cenergia/images/BALAN%C3%87O_DE_MASSA_DO_PROCES

SO_DE_PRODU%C3%87%C3%83O_DE_BIODIESEL_VISANDO_A_RECUPERA%C3%87%C3%83O_DO_METANOL_RESIDUAL.pdf>. Acesso em: 02/11/2015

Identificação Das Alternativas Tecnológicas De Controle, Tratamento E Reuso De Resíduos Industriais. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/item_8.pdf>. Acesso em: 02/11/2015

PRESTES, Isabele Augusta Ferreira. Disponivel em: < http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vii_en/mesa5/resumos/introducao_do_biodiesel_na_matriz.pdf>. Acesso em: 22/11/2015

Sebrae Nacional. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/Veja-as-normas-para-o-biodiesel>. Acesso em: 01/12/2015

Disponível em: <http://www.institutovoltaaocampo.org.br/noticias/leia/347>. Acesso em: 10/12/2015

Diretrizes Para O Licenciamento Ambiental. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/item_9.pdf>. Acesso em: 10/12/15

Resolução Conama Nº 313, De 29 De Outubro De 2002 Publicada No Dou No 226, De 22 De Novembro De 2002, Seção 1, Páginas 85-91. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=335>. Acesso em: 10/12/15

Resoluções do Conama . Disponível em: < http://www.ablp.org.br/conteudo/legislacao.php?pag=integra&cod=188> . Acesso em: 10/12/15

Destilação. Disponível em: < http://www3.uma.pt/quimica_organica/conteudos/destilacao.html>>. Acesso em: 12/12/2015

Processo de Destilação. Disponível em: < http://www.educacaopublica.rj.gov.br/oficinas/quimica/sensibilidade/saibamais02_b.html>. Acesso em: 12/12/2015