

PAULO VILLAR DA COSTA ALVES FILHO  
RODRIGO BARCELLOS MANO RINALDI  
SILLAS DOS SANTOS SILVA

**Estudo De Viabilidade Da Coleta E Transporte De Óleo De Fritura Para  
Produção De Biodiesel No Distrito Butantã**

Projeto de Formatura apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo,  
no âmbito do Curso de Engenharia  
Ambiental

São Paulo

2018

PAULO VILLAR DA COSTA ALVES FILHO  
RODRIGO BARCELLOS MANO RINALDI  
SILLAS DOS SANTOS SILVA

**Estudo De Viabilidade Da Coleta E Transporte De Óleo De Fritura Para  
Produção De Biodiesel No Distrito Butantã**

Projeto de Formatura apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo,  
no âmbito do Curso de Engenharia  
Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Ronan Cleber Contrera

São Paulo

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

#### Catalogação-na-publicação

Filho, Paulo Villar da Costa Alves

Estudo de viabilidade da coleta e transporte de óleo de fritura para produção de biodiesel no distrito butantã / P. V. C. A. Filho, S. S. Silva, R. B. M. Rinaldi -- São Paulo, 2018.

107 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Hidráulica e Ambiental.

1.Biodiesel 2.Óleo residual de fritura 3.Logística reversa 4.Mercado de biocombustível I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Hidráulica e Ambiental II.t. III.Silva, Sillas dos Santos IV.Rinaldi, Rodrigo Barcellos Mano



## **Agradecimentos**

Este estudo de viabilidade apresentado é um trabalho conjunto entre os integrantes do grupo em sinergia com os professores e o conteúdo por eles administrados.

Gostaríamos de agradecer ao Professor Doutor Ronan Cleber Contrera pela coordenação e auxílio técnico e profissional, ao qual sempre nos dedicou tempo para solução de dúvidas de forma rápida e objetiva, servindo como exemplo moral e profissional.

Também gostaríamos de agradecer o Professor Doutor Renato Carlos Zambon que nos auxiliou rapidamente para estrutura e concepção do escopo do projeto e definição das alternativas levantadas.

Além dos mencionados acima, também agradecemos ao Professora Ildo Sauer por nos disponibilizar o laboratório de Biocombustíveis no IEE (Instituto de Energia e Ambiente) para realização de experimentos, e também a Paola e o técnico Nil, do laboratório, que foram muito solícitos para realização do experimento de produção do Biodiesel.

## **RESUMO EXECUTIVO**

O estudo de viabilidade apresentado foi realizado em um cenário nacional onde pouco se faz e estuda a destinação e reuso do óleo de fritura, com pouca consciência da população sobre os seus impactos ambientais e socioeconômicos e a ausência de incentivo do governo para as suas possíveis soluções e benefícios.

Para o desenvolvimento deste estudo foi apresentado o cenário dos destinos de óleo de fritura, os seus impactos ambientais e econômicos, além de detalhar e levantar alternativas ao seu reuso. Deste, focamos no aspecto do seu reúso para produção de Biodiesel, utilizando o conceito de Logística Reversa sobre a sua coleta, transporte, armazenamento, produção e destino final, além de apresentar também o cenário atual e futuro do mercado do biodiesel, seus aspectos legais e seus possíveis impactos em diversos escopos.

Dos objetivos deste trabalho, pretendemos demonstrar a importância e a viabilidade do reuso do óleo de fritura para produção de Biodiesel e o melhor aproveitamento econômicos dos seus subprodutos, tanto para produção de sabão quanto pela utilização do Biodiesel como mistura ao diesel.

**Palavras-Chave:** Reciclagem. Óleo de Fritura. Biodiesel. Logística Reversa.

## ABSTRACT

The feasibility study presented was carried out in a national scenario where little is done and studies the destination and reuse of the frying oil, with little awareness of the population about its environmental and socioeconomic impacts and the lack of government incentive for its possible solutions and benefits.

For the development of this study we present the scenario of fry oil destinations, their environmental and economic impacts, as well as detailing and raising alternatives to their reuse. From this, we focus on the reuse aspect for Biodiesel production, using the concept of Reverse Logistics on its collection, transportation, storage, production and final destination, as well as presenting the current and future scenario of the biodiesel market, its legal aspects and their possible impacts in different scopes.

The objective of this work is to demonstrate the importance and feasibility of the reuse of frying oil for Biodiesel production and the best economic use of its by products, both for soap production and for the use of Biodiesel as a mixture with diesel.

Keywords: Recycling. Frying Oil. Biodiesel. Reverse Logistic.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABIOVE = Associação Brasileira das Indústrias de Óleo Vegetal

ABRAMAN = Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos

ANP = Agência Nacional de Petróleo

B100 = Diesel com mistura 100% biodiesel

B20 = Diesel com mistura 20% biodiesel

B25 = Diesel com mistura 25% biodiesel

B30 = Diesel com mistura 30% biodiesel

B30 = Diesel com mistura de 30% biodiesel

BX = Contém X% biodiesel

CEIB = Comissão Executiva Interministerial do Biodiesel

CIDE = Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico

CNPE = Conselho Nacional de Política Energética

Cofins = Contribuição para Financiamento da Seguridade Social

CONAMA = Conselho Nacional do Meio Ambiente

CTN = Código Tributário Nacional

DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio

Diesel S-10 = Contém 10 partículas por milhão de teor máximo de enxofre

DOU = Diário Oficial da União

ETEs = Estações de Tratamento de Esgoto

FOB = Free on Board

GG = Grupo Gestor

ICMS = IMPOSTO SOBRE CIRCULAÇÃO DE MERCADORIAS e SERVIÇOS

LR = Logística Reversa

NBR = Norma Brasileira

Pasep = Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público

PIS = Programa de Integração Social

PMR = Preço máximo de referência

PNBE = Pensamento Nacional de Bases Empresariais

PNPB = Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel

PNRS = Política Nacional de Resíduos Sólidos

PROVE = Programa de Reaproveitamento de Óleos Vegetais

RSU = Resíduos Sólidos Urbanos

SABESP = Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SEA = Secretaria de Estado do Ambiente

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Principais tipos de resíduos gordurosos e sua disponibilidade/qualidade para o uso como combustível.....	22
Tabela 2 – Especificações da ANP sobre o Biodiesel .....	40
Tabela 3 - Produção de Matéria Prima .....	48
Tabela 4 - Produção Mensal de Biodiesel .....	48
Tabela 5 - Projeções para o Complexo da Soja Brasileiro .....	49
Tabela 6 - Preços nominais mensais do biodiesel: média dos leilões ANP ...	52
Tabela 7 - Projeção Habitantes Butantã .....	55
Tabela 8 - Resultados Programa PROL .....	57
Tabela 9 - Planilha de Receita.....	60
Tabela 10 - Panfletos enviados para Divulgação.....	61
Tabela 11 - Estimativa de Bombonas por ponto de coleta para 2019 .....	69
Tabela 12 -Estimativa de Bombonas por ponto de coleta período 2030 .....	70
Tabela 13 - Projeção do número de bombonas por ponto de coleta .....	71
Tabela 14 - Gastos com veículo de transporte e coleta.....	73
Tabela 15 - Evolução dos gastos com veículo de coleta até 2030 .....	74
Tabela 16 - Custos necessários para investir inicialmente no projeto .....	74
Tabela 17 - Propriedades físico-químicas dos reagentes e produtos .....	79
Tabela 18 - Investimento Inicial .....	82
Tabela 19 - Custos Fixos.....	83
Tabela 20 - Custos Variáveis.....	84
Tabela 21 - Planilha de Custos de Produção .....	84
Tabela 22 - Receitas Geradas.....	92
Tabela 23 - Custos de Produção .....	93
Tabela 24 - Custos de Transporte e Outros Custos Fixos.....	94

Tabela 25 - Cálculo do ROI e Lucro ..... 95

Tabela 26 - Investimento Inicial e Cálculo do Payback..... 97

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Fluxograma demonstrando a geração e destino de óleos residuais de fritura .....	28
Figura 2 - Alternativas ao local de Coleta .....	32
Figura 3 - Fluxograma da Transesterificação .....	33
Figura 4 - Equação Química da formação do Biodiesel.....	34
Figura 5 - Equação Química de formação de Sais de Ácidos Graxos .....	35
Figura 6 - Equação Química da formação de Ácidos Graxos Livres e Diacilglicerol .....	36
Figura 7 - Equação Química da formação de ácidos graxos livres e álcool ..	36
Figura 8 - Amostras que não cumprem as especificações da ANP .....	41
Figura 9 - Produção de Biodiesel Acumulada.....	42
Figura 10 - Produção Mensal de Biodiesel .....	42
Figura 11 - Capacidade Instalada de Produção de Biodiesel .....	43
Figura 12 - Localização das Unidades Produtoras .....	44
Figura 13 - Preço de Venda de Biodiesel no Produtor.....	45
Figura 14 - Preço de Venda ao Consumidor Final.....	45
Figura 15 - Margem Bruta de Revenda de Biodiesel .....	46
Figura 16 - Participação das Matérias-Primas Usadas na Produção do Biodiesel.....	46
Figura 17 - Consumo de Biodiesel.....	47
Figura 18 - Participação de matérias primas para produção de biodiesel .....	48
Figura 19 - Variação do Preço em função da demanda .....	53
Figura 20 - Área de implantação - Projeto PROL .....	56
Figura 21 - Pontos de Coleta .....	65
Figura 22 - Rotas de Coleta.....	66
Figura 23 - Mapa da Rota 1 .....	67

Figura 24 - Mapa da Rota 2 .....	68
Figura 25 - Bombonas para acondicionamento do resíduo óleo de cozinha usado .....	69
Figura 26 - Estrutura instalada nos PEV's .....	70
Figura 27 - Tanque de armazenamento de 1000L.....	72
Figura 28 - Preço de combustíveis referente ao período entre 2001 e 2018.	73
Figura 29 - Materiais do Laboratório.....	75
Figura 30 - Início da Decantação da Mistura .....	76
Figura 31 - Final da Decantação – Identificação das Fases .....	77
Figura 32 - Planta da Mini Usina.....	81
Figura 33 - Custos 2019 .....	96
Figura 34 - Custos 2030 .....	97
Figura 35 - Investimento Inicial .....	98

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	17
1.1 O Óleo de Cozinha.....	17
1.2 O Biodiesel.....	19
2.OBJETIVOS .....	23
2.1 Objetivos Específicos.....	23
3. JUSTIFICATIVA .....	23
3.1 Poluição da Água .....	23
3.2 Poluição do Solo .....	24
3.3 Poluição do Ar.....	25
3.4 Poluição Provocada Pelo Óleo De Cozinha Na Estrutura Pública .....	25
4. LEVANTAMENTO DE DADOS .....	26
4.1 METODOLOGIA .....	26
4.1.1 Logística Reversa Do Óleo De Cozinha E O Meio Ambiente.....	27
4.1.2 DIFICULDADES E VANTAGENS .....	28
5. ANÁLISE DE ALTERNATIVAS .....	30
5.1 COLETA, TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO .....	30
5.2 PROCESSOS DE PRODUÇÃO DO BIODIESEL.....	32
5.3 CENÁRIO NACIONAL .....	38
5.3.1 Leilão.....	38
5.3.2 Produção.....	42
5.3.3 Produção Acumulada.....	42
5.3.4 Produção Mensal.....	42
5.3.5 Mistura ao Diesel .....	43
5.3.6 Capacidade Instalada e Localização.....	43
5.3.7 Biodiesel: Preços e Margens.....	44
5.3.8 Biodiesel: Participação das Matérias-Primas .....	46
5.3.9 Biodiesel: Cenário Internacional.....	47
5.3.10 Matérias-primas na produção de biodiesel.....	47

5.3.11 Projeção para Soja.....	49
5.3.12 Projeções para o complexo da soja brasileiro .....	49
5.3.13 Potenciais Do Biodiesel Na Matriz Energética .....	50
6. ANÁLISE DE VIABILIDADE DO PROJETO.....	51
6.1 Análise das Receitas Geradas .....	52
6.1.1 Venda do Biodiesel .....	52
6.1.2 Venda da Glicerina.....	54
6.1.3 Habitantes do Bairro do Butantã .....	55
6.1.4 Participação da População no Programa.....	55
6.1.5 Determinação da Receita.....	59
6.2 Análise dos Custos Gerados.....	61
6.2.1 Custo de Divulgação .....	61
6.2.2 Logística.....	62
6.2.2.1 Pontos de Entrega Voluntária (PEV's) .....	62
6.2.3 Pontos de Coleta.....	62
6.2.4 Custos de operação logística - Parâmetros estimados .....	68
6.2.5 Estimativa de bombonas - Cálculo para 2019.....	69
6.2.6 Estimativa de bombonas – Cálculo para 2030.....	70
6.2.7 Custos de Transporte e Coleta .....	71
6.2.8 Usina de biodiesel.....	74
6.2.9 Investimento Inicial – Coleta e Transporte .....	74
6.2.10 Produção do Biodiesel .....	75
6.2.11 Investimento Inicial – Produção de Biodiesel.....	79
6.2.12 Custos Fixos e Custos Variáveis da Produção .....	82
6.2.13 Tributação sobre Combustíveis.....	84
6.2.14 Tributação do Biodiesel.....	86
6.3 Aspectos Legais.....	86
6.3.1 Comercialização de Biodiesel .....	86

6.3.2 Coleta de Óleo de Fritura Residual .....	87
6.4 Análise dos dados obtidos .....	88
6.4.1 Logística.....	88
6.4.2 Produção do Biodiesel .....	89
6.4.3 Econômica .....	89
6.5 Cenário Atual, Projeções e Discussões .....	98
7. Conclusões .....	101
8. REFERÊNCIAS.....	102

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.10 Óleo de Cozinha

O óleo de cozinha é um líquido usado principalmente para fritar alimentos em uma grande quantidade. Infelizmente, em muitos casos, esse óleo de cozinha usado em residências, bares e restaurantes acaba sendo jogado no ralo da pia ou mesmo nos vasos sanitários. Outras pessoas já preferem colocá-lo em algum recipiente vedado e descartá-lo com o lixo orgânico comum. O fato de o esgoto ser algo que uma vez descartado segue pela rede de esgoto das cidades, não permite que as pessoas tenham uma noção clara do problema.

Entretanto, todos esses métodos de descarte do óleo de cozinha usado são meios de contaminação do meio ambiente, podendo poluir as águas, o solo e até mesmo a atmosfera. Ao ser despejado na pia ou no vaso sanitário, o óleo usado passa pelas tubulações da rede de esgoto e fica retido em forma de gordura. Isso se torna um problema pois gera um entupimento da rede de esgoto, causando danos a estrutura, dificultando o seu tratamento além de atrair pragas que podem causar várias doenças, tais como leptospirose, febre tifóide, cólera, salmonelose, hepatites, esquistossomose, amebíase e giardíase. Essas doenças podem ser transmitidas para humanos e animais.

A entidade PNBE – Pensamento Nacional de Bases Empresariais fez um levantamento e considera que no país apenas 2,5 a 3,5% do óleo vegetal comestível descartado é reciclado. A produção anual é da ordem de 6,1 bilhões de litros, dos quais 1,3 bilhão é exportado. Dos 4,8 bilhões no mercado nacional, cerca de 2,4 bilhões se destinam para fins comestíveis, segundo dados de dez/2009 da ABIOVE (Associação Brasileira das Indústrias de Óleo Vegetal). Estima-se que aproximadamente metade do óleo não é ingerido nas frituras e saladas, nem fica aderido às embalagens e utensílios, estando assim livre para descarte. Segundo o mesmo estudo, o mercado anual de óleo de fritura reciclado é da ordem de 30 milhões de litros ou 24.000 toneladas, incluindo tanto a coleta para processo industrial, como a reciclagem caseira na fabricação de sabão, como parte da reciclagem é feita pelo mercado informal o dado de volume reciclado é estimado a partir das concentrações de óleo encontradas no esgoto e na rede coletora.

Segundo um estudo da SABESP (2011) sobre Programas de Reciclagem de Óleo de Fritura, por mês, mais de 200 milhões de litros de óleo usado vão para os rios e lagos do País. O Estado de São Paulo é responsável pela coleta mensal de 1,8 milhão de litros, um terço do total no Brasil. Mais de 50% do óleo recolhido no Brasil vai para a produção de biodiesel. Só a Petrobrás Biocombustível fica com 10% de tudo o que se recicla. A fabricação de ração animal, massa de vidro e saponáceos aparece logo atrás, nesta ordem. De acordo com o estudo, hoje o óleo é o maior poluidor de águas das regiões mais populosas do Brasil.

Há muito tempo se fala sobre a poluição e consequências do despejo incorreto do óleo de fritura, porém só nos últimos anos é que ele tomou força, principalmente na mídia. Um dos motivos para esse destaque é fato de que os rios de regiões populosas, como São Paulo, estão praticamente esgotados pela poluição, tanto industrial quanto domiciliar. Mesmo os mananciais de onde é retirada a água que abastece os grandes centros urbanos ou estão poluídas ou em grande risco. Com mais escassez de água é claro que uma questão tão importante quanto a poluição provocada pelo óleo de cozinha começa a ser mais debatido, já que sua resolução não depende em si de grandes investimentos, mas da simples mudança de hábitos da população e da ação de organizações que possam dar uma destinação mais apropriada ao óleo de fritura.

Como sempre a questão econômica é um dos fatores chave. Quanto mais contaminada é a água dos reservatórios que servem as cidades, mais caro fica o seu tratamento, além disto, o entupimento dos sistemas de esgoto gera prejuízos. Como em inúmeros casos certos setores corporativos começam a perceber que sai mais barato preservar recursos e investir em educação, do que reparar os danos causados. Outro fator é a tomada de consciência cada vez maior da sociedade civil quanto ao fato de que todos são responsáveis pelo meio ambiente, e que isto não é obrigação apenas de governos e empresas, e sim de cada um.

Apesar de um número bastante reduzido de segmentos e empresas que utilizam o óleo vegetal residual como matéria-prima de seus produtos, este número tende a aumentar em um futuro próximo devido às exigências da PNRS (Política Nacional dos Resíduos Sólidos) no Brasil e dos prováveis incentivos governamentais (NOGUEIRA; BEBER, 2009; BRASIL, 2010; WILDNER & HILLIG, 2012). A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos abrange

fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, consumidores e os municípios, que são os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Isto significa dividir as responsabilidades entre sociedade, iniciativa privada e poder público (MONTEIRO E ZVEIBIL, 2001; SILVA ET AL., 2010; MEIRELES E ALVES, 2011).

Para o controle do volume de resíduos lançados na natureza, existem leis específicas, algumas em fase de aprovação e outras já em vigor, porém, mesmo assim é necessário manter um controle rigoroso, pois muitas pessoas ainda não estão conscientes sobre os males causados pelos óleos e graxas que são descartados de forma inadequada. Algumas das leis específicas sobre o descarte de óleo são:

- CONAMA 357/2005 art. 34: dispõe sobre os limites de lançamento de óleos e graxas. Para óleos vegetais e gorduras animais o limite de até 50 mg por litro;
- Lei 2074/2007: dispõe sobre a obrigação dos postos de gasolina, hipermercados, empresas vendedoras ou distribuidoras de óleo de cozinha e estabelecimentos similares, de manter estrutura destinada à coleta de óleo de cozinha usado e dá outras providências.

Diante deste desafio é preciso elaborar planos de gestão integrada para os RSU, considerando-se os aspectos econômicos, sociais, ambientais e contemplando-se todas as fases do fluxo que integram cada classe de resíduos, desde a sua geração, coleta, transporte e destinação final, levando-se em conta as alternativas de reutilização, reciclagem e beneficiamento dos diferentes tipos de resíduos, em particular, do óleo vegetal residual de origem domiciliar. Trata-se, portanto, de um sistema complexo, no qual interagem agentes públicos, privados e movimentos sociais (MONTEIRO, 2001; GONÇALVES, 2006; THODE-FILHO; CALDAS, 2008a; 2008b; SILVA et al., 2010; MEIRELES; ALVES, 2011).

## **1.2 O Biodiesel**

O biodiesel é um combustível renovável que ganhou destaque recentemente quanto aos seus benefícios e projeções futuras, sendo obtido a partir de um processo químico chamado transesterificação. Processo descrito anteriormente de

modo mais aprofundado, mas em suma, os triglicerídeos presentes no óleo reagem com o etanol, gerando o éster e a glicerina. O éster só poderá ser comercializado somente como biodiesel dentro das normas NBR, após passar por processos de purificação para adequação à especificação da qualidade e diversos indicadores previstos na legislação em torno do biodiesel, sendo destinado principalmente à mistura com o Diesel para ser utilizado em motores a combustão de ciclo Otto.

O biodiesel chamou muita atenção no início da década passada e os primeiros estudos para a criação de uma política nacional se deu início em 2003, com a criação da Comissão Executiva Interministerial do Biodiesel (CEIB) e do Grupo Gestor (GG) pelo governo federal. No final de 2004, o governo criou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), que tinha como objetivo introduzir o biodiesel na matriz energética brasileira. O principal resultado dessa fase inicial foi a definição de uma série de normas regulatórias e legal.

O principal uso do biodiesel é a mistura ao diesel fóssil, e teve início em 2004, de forma experimental. Em 2005 a 2007, foi voluntário o teor de 2% na comercialização de diesel. Então observa-se que a obrigatoriedade veio no artigo 2º da Lei nº 11.097/2005, introduzindo o biodiesel na matriz energética brasileira. No início de 2008, entrou em vigor a mistura obrigatória, teor de 2% de biodiesel e recebeu o nome de (B2), tal obrigatoriedade se deu em território nacional. Com o crescimento do setor, esse percentual foi sucessivamente ampliado pelo CNPE até o atual percentual de 7%. Evolução do percentual de teor de biodiesel presente no diesel fóssil no Brasil:

- 2003 - Facultativo
- Jan/2008 - 2%
- Jul/2008 - 3%
- Jul/2009 - 4%
- Jan/2010 - 5%
- Ago/2014 - 6%
- Nov/2014 - 7%

A Lei nº 13.263/2016 alterou a Lei nº 13.033/2014 determinando aumento do teor de biodiesel a partir de 2017, possuindo o seguinte cronograma de aumento do teor de biodiesel a partir de 2017, conforme a Lei nº 13.623/2016

- Até março de 2017 - 8%
- Até março de 2018 - 9%
- Até março de 2019 - 10%

A especificação do biodiesel tem sido aprimorada para que haja um alinhamento da sua qualidade às condições do mercado brasileiro, assegurando maior segurança e previsibilidade aos agentes econômicos. O biodiesel é uma realidade e garante ao Brasil uma posição destacada em relação ao resto do mundo. Juntos, etanol e biodiesel fortalecem a participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional e a imagem do Brasil como país que valoriza a diversidade de fontes energéticas.

Os atos normativos referentes à especificação do biodiesel são os seguintes:

- Resolução ANP nº 30/2016 - estabelece a especificação de óleo diesel BX a B30, em caráter autoritativo, nos termos dos incisos I, II e III do art. 1º da Resolução CNPE nº 03, de 21 de setembro de 2015.
- Resolução ANP nº 45/2014 - estabelece a especificação do biodiesel contida no Regulamento Técnico ANP nº 3/2014 e as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos diversos agentes econômicos que comercializam o produto em todo o território nacional. A ANP monitora a qualidade do biodiesel por meio de uma rede de laboratórios que exerce um controle analítico confiável e rastreável do que é comercializado no país. Desta forma, com o cadastramento de laboratórios, o mercado pode consultar, com transparência, os laboratórios e as instituições aptas a realizar ensaios de certificação de biodiesel.
- Resolução ANP nº 06/2014 estabelece os requisitos para cadastramento de laboratórios interessados em realizar ensaios em biodiesel, destinado à comercialização no território nacional. Todo biodiesel comercializado no país deve atender à especificação constante do Regulamento Técnico nº 3/2014, parte integrante da Resolução ANP nº 45/2014. As análises constantes do Certificado da Qualidade emitido pelo produtor, portanto, só poderão ser

realizadas em laboratório próprio do produtor ou contratado, os quais deverão ser cadastrados pela ANP.

- Resolução ANP nº 45/2014, o produtor, o adquirente e o importador de biodiesel têm a obrigação de emitir o Certificado de Qualidade. Os dados constantes dos certificados de qualidade emitidos no mês deverão ser encaminhados à ANP até o décimo quinto dia do mês subsequente à comercialização do produto, por meio de formulário específico.
- Resolução ANP nº 30/2016, o distribuidor de combustíveis líquidos deve analisar, pelo menos uma vez por mês, as características de estabilidade à oxidação e destilação de uma amostra representativa de um carregamento de óleo diesel BX a B30 comercializado.

Os óleos residuais de frituras representam grande potencial de oferta. Um levantamento primário da oferta de óleos residuais de frituras, suscetíveis de serem coletados, revela um potencial de oferta no país superior a 30 mil toneladas por ano. Algumas possíveis fontes dos óleos e gorduras residuais são: lanchonetes e cozinhas industriais, indústrias onde ocorre a fritura de produtos alimentícios, os esgotos municipais onde a nata sobrenadante é rica em matéria graxa, águas residuais de processos de indústrias alimentícias. (SILVA et. al, 2005 apud PASQUALETTO, 2008)

A tabela abaixo apresenta os principais tipos de resíduos gordurosos, sua disponibilidade e qualidade para seu uso como combustível alternativo. Demonstra que a origem do resíduo irá determinar sua disponibilidade, qualidade e custo para utilização como combustível.

**Tabela 1 - Principais tipos de resíduos gordurosos e sua disponibilidade/qualidade para o uso como combustível.**

Óleo e Gordura residual	Custo	Qualidade	Volume	Preparo
<b>De fritura comercial</b>	0	+	++	+
<b>De fritura residencial</b>	0	++	-	++
<b>De fritura industrial</b>	-	+	++	+
<b>De matadouros e frigoríficos</b>	0	-	++	-
<b>Do tratamento de esgoto</b>	+	--	+	--

(++) muito favorável , (+) favorável, (0) satisfatório, (-) desfavorável, (--) muito desfavorável

Fonte: ALMEIDA et al, 2000 *apud* PASQUALETTO, 2008.

Extraído em: XXXI Congresso Interamericano Aidis - Aproveitamento do Óleo Residual de Fritura na Produção de Biodiesel Acesso em: 23/11/2009.

## **2. OBJETIVOS**

Analisar a viabilidade técnica, econômica, ambiental e social da implementação de uma mini usina de reciclagem de óleo vegetal proveniente de fritura de alimentos tanto domiciliar quanto comercial, para produção de biodiesel através do processo de transesterificação no bairro do Butantã, Zona Oeste de São Paulo - SP, a fim de se utilizar o principal produto final (biodiesel) como combustível alternativo à outros mais poluentes e aproveitamento econômico dos subprodutos do seu processo.

### **2.1 Objetivos Específicos**

- Coleta de informações sobre estabelecimentos onde seria realizada a coleta do óleo vegetal;
- Coleta de informações sobre coleta, transporte, produção e destinação final do biodiesel e seus subprodutos;
- Definição da destinação final do Biodiesel de forma que o processo se torne socioeconomicamente mais viável possível;
- Escolha e coleta de informações sobre o tipo de mini usina utilizada para o processo;
- Estimar a possível oferta e demanda do Biodiesel no bairro Butantã;
- Estimativa do volume de óleo coletado no bairro Butantã;
- Estimativa dos custos de implementação e operação do processo;
  - Definição da viabilidade socioeconômica e legal do projeto.

## **3. JUSTIFICATIVA**

### **3.1 Poluição da Água**

Como o óleo de cozinha possui uma densidade inferior à da água, ele posiciona-se sobre ela, formando uma película capaz de causar problemas ambientais graves. A camada de óleo sobre a água prejudica a entrada de luz e a mistura de gás oxigênio. Dessa forma, os peixes passam a ter uma oferta menor de oxigênio disponível, o que pode causar a morte desses seres. A diminuição da incidência de luz no ambiente aquático, por sua vez, prejudica todos os processos fotoquímicos nos quais ela é importante, ou seja, o ecossistema aquático. O

desenvolvimento do fito plâncton, por exemplo, fica bastante comprometido. Vale lembrar que eles são a base da cadeia alimentar aquática.

O esgoto contaminado com o descarte do óleo de cozinha usado chega às Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), que irão separá-lo da água e tratá-lo para que a água possa ser novamente despejada nos mananciais, como rios e lagos. No entanto, de acordo com a (SABESP, 2016), esse tratamento realizado nas ETEs não é feito com o esgoto total, mas apenas com cerca de 68%, o que significa que o óleo acaba chegando aos mananciais aquáticos. Além disso, o custo desse tratamento é alto, correspondendo a cerca de 20% do custo com o tratamento do esgoto.

Com base no fato do óleo formar um filme fino na superfície, o mesmo poderia contaminar mais de 1 milhão de litros de água, fato ao qual depende da profundidade do corpo d'água, porém tal informação é apenas um valor meramente para alertar que o volume pode ser muito grande. Embora qualquer produto estranho ao meio ambiente contamine os corpos d'água como um todo, o conceito de poluição é objeto de definição na legislação, que estabelece os limites de lançamento. Para óleos de graxas de origem vegetal e animal, a legislação federal Res. CONAMA 357/05 - art. 34, estabelece o limite de 50 mg/L e a partir deste valor se obtém que o óleo de fritura polui mais de 25.000 litros de água, o que aliás, já constitui um grande volume. Caso se adotem outros critérios como a DBO<sub>5</sub> máxima de 60 mg/L poderão ser obtidos outros números. No caso da DBO<sub>5</sub> a questão não é simples, pois depende do tipo de óleo e contaminantes.

### **3.2 Poluição do Solo**

Quando lançado no solo através do descarte no lixo comum, por exemplo, ao qual é na maioria das vezes destinada aos lixões, o óleo acaba infiltrando-se no solo, podendo alcançar e poluir o lençol freático. Além disso, o óleo de cozinha ainda tem a capacidade de formar uma camada impermeável no solo, impedindo que a água da chuva consiga infiltrar-se, aumentando o risco de enchentes e deslizamentos (FIGUEIREDO, 1995; FOLHA DO AMAPÁ, 2007; NOGUEIRA E BEBER, 2009; GALBIATI, 2012).

O óleo de fritura, quando em contato com o solo, acaba sendo absorvido pelas plantas, as prejudicando, além de afetar o metabolismo das bactérias e outros

microrganismos que fazem a deterioração de compostos orgânicos que se tornam nutrientes para o solo. Além disso, o mesmo pode causar proliferação indesejável de microrganismos e fermentação e até danos ao sistema radicular de plantas, em caso de grandes volumes. O tempo para sua biodegradação depende das condições do ambiente, envolvendo a concentração de bactérias e outros microrganismos, temperatura, oxigênio dissolvido etc. Em meio aquático e aerado, isto é em geral mais rápido que no solo. A composição do óleo, a base de ésteres de ácidos graxos não o torna particularmente difícil de ser degradado. Contudo, a sua insolubilidade em água reduz o contato do óleo com os microrganismos capazes de digerir e degradar as gotas de óleo em emulsão.

Solos impermeabilizados também não favorecem a germinação de sementes, tornando-se, portanto, inviáveis para cultivos. A remediação de áreas degradadas por óleos e gorduras é muito cara e difícil, o que o torna um problema econômico além do ambiental.

### **3.3 Poluição do Ar**

Além do solo e da água, até mesmo a atmosfera acaba sendo poluída, porque a decomposição anaeróbia do óleo produz o gás metano ( $\text{CH}_4$ ), que é um gás do efeito estufa, ou seja, é capaz de reter o calor do sol na troposfera, o que aumenta o problema do aquecimento global.

### **3.4 Poluição Provocada Pelo Óleo De Cozinha Na Estrutura Pública**

Quando o óleo de cozinha é descartado diretamente no ralo de uma pia, durante seu trajeto na tubulação, como é menos denso que a água, acaba aderindo às paredes das tubulações e retendo diversas partículas sólidas. Parte do óleo aderido acaba transformando-se em gordura, formando uma camada sólida desse material e de outros diferentes dejetos, o que pode obstruir a passagem de água, causando alagamentos no interior das residências e também nas ruas.

Outro problema sério é o fato de que, muitas vezes, para realizar o desentupimento, produtos químicos são utilizados, aumentando, assim, a quantidade de substâncias nocivas na água, poluindo-a ainda mais. Também cabe mencionar que a própria realização das desobstruções, além do incômodo para o trânsito, acarreta algum impacto ambiental na medida em que se consome

combustível nos veículos e se tem que destinar para aterro o resíduo, que se tivesse sido segregado entre seus materiais, poderia ter seguido para reciclagem.

O efeito mais significativo é na rede coletora, sobretudo em áreas em que há muitos restaurantes e bares em que as obstruções tornaram-se frequentes. Segundo a SABESP (2011), todo dia, em pelo menos trinta pontos de São Paulo é feita uma limpeza para retirar o óleo grudado na galeria.

## **4. LEVANTAMENTO DE DADOS**

### **4.1 METODOLOGIA**

Para analisar a viabilidade e o processo de transformação do óleo de fritura em biodiesel, procurou-se responder algumas questões chave, por exemplo: Como será realizada a coleta do material e toda a logística reversa até a chegada do óleo de fritura na mini usina; Como será o processo de transformação do óleo em biodiesel; Para onde vai o produto final; Análise dos impactos ambientais, a conscientização da população e os benefícios e dificuldades encontrados.

Utilizando um método de pesquisa qualitativa inicialmente, e alinhada a uma pesquisa quantitativa em fases posteriores, buscou-se entender o processo e a sua importância no desenvolvimento de questões socioeconômicas e ambientais tanto no aspecto global quanto local, e a sua viabilidade de implementação e operação.

A partir da extração de informações e embasamentos de bibliografias, pesquisas e artigos, alinhando-se com o conhecimento prévio obtido no curso definindo pontos contrastantes nas opiniões e dados obtidos por este estudo de viabilidade, possibilitando ter uma visão crítica sobre o aspecto técnico, econômico, ambiental e social do processo de coleta e transporte do óleo de cozinha para produção de biodiesel e a sua destinação final e a de seus produtos. Também foram utilizados os dados obtidos em um experimento realizado no laboratório de Biodiesel, dentro do Instituto de Energia e Ambiente (IEE), na Universidade de São Paulo.

Além dos pontos levantados acima, a metodologia de pesquisa para viabilidade do projeto seguiu o conceito de Logística Reversa aplicada ao óleo de cozinha.

#### 4.1.1 Logística Reversa Do Óleo De Cozinha E O Meio Ambiente

A logística trata de todos os processos que controlam, planejam e operacionalizam o fluxo de materiais e informações da origem até a sua forma final para o consumidor e o seu descarte, de forma eficiente e econômica. Denomina-se logística reversa o processo que envolve o retorno de mercadorias para a empresa, podendo se tratar de produtos danificados, devolvidos, materiais perigosos para descarte ambientalmente correto, ou até mesmo de produtos usados, que serão reprocessados a fim de tornarem-se útil novamente e retornar ao mercado consumidor (D'AVIGNON, 2002).

Atualmente a preocupação com a gestão ambiental vem ganhando destaque, e é neste cenário ao qual a logística reversa do fluxo de materiais ganha a sua importância. A Gestão Ambiental integra o sistema de gestão global de uma empresa, assim como a gestão de recursos financeiros e outras funções exercidas pela alta direção da empresa.

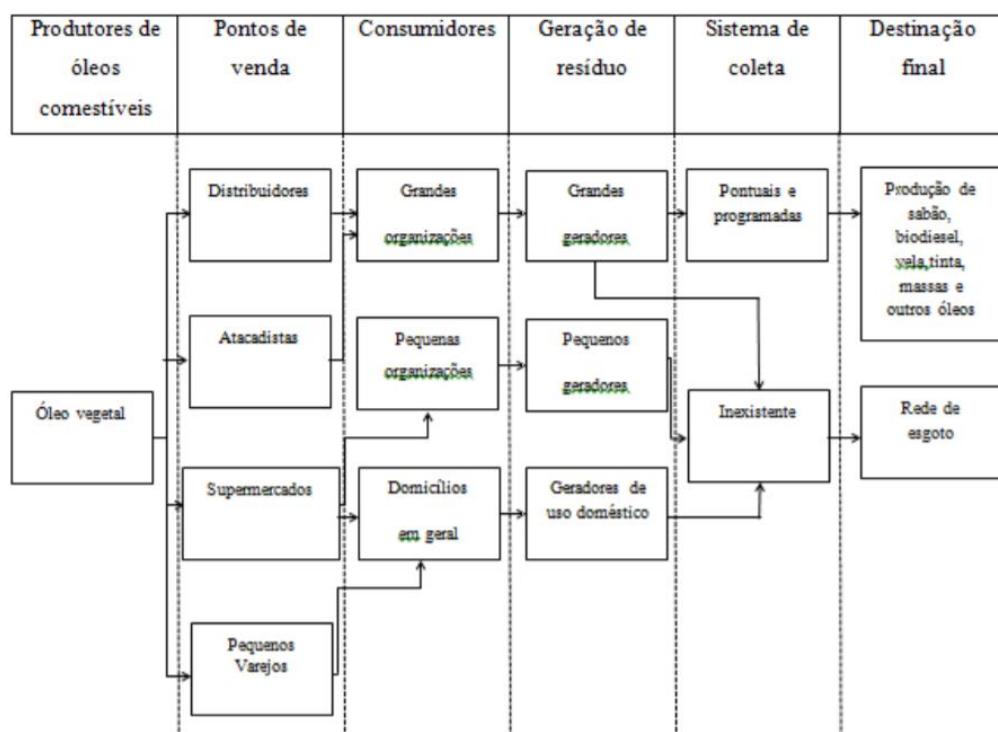
O processo da Logística Reversa compreende diferentes processos, sendo que alguns são mais relevantes para a estruturação e implementação da cadeia de suprimentos e do planejamento da distribuição logística, enquanto que outros são específicos do processo do fluxo reverso. São eles (STEVEN, 2004):

- Coleta, a qual compreende todas as atividades de recolher os resíduos a partir dos vários locais onde esses se originaram e que normalmente estão distribuídos por uma grande área geográfica;
- Classificação, a qual serve para separar o volume de resíduos em frações menores que irão passar por processos de tratamento;
- Transporte e transbordo, que são etapas necessárias para vencer as distâncias físicas que separam processos consecutivos no fluxo reverso;
- Armazenamento, o qual é o processo de receber e maximizar os lotes de forma que se possa utilizar plenamente os transportes e as instalações de processamento;
- Atividades de processamento, as quais resultam na transformação dos resíduos em produtos reutilizáveis ou em uma condição que os mesmos sejam inofensivos para o meio ambiente.

A logística reversa vem sendo utilizada para a fabricação de biocombustível e os benefícios podem ser enormes e em diversas esferas. Além de poder ser utilizado nos meios de transporte e na geração de energia, sua queima contribui menos que outros combustíveis fósseis para o aumento do efeito estufa, uma vez que ele não emite enxofre e emite menos gás carbônico por ser de origem vegetal. O diesel fóssil emite 1%, em peso, de enxofre durante a sua queima, já o biodiesel é totalmente livre de enxofre, além de não ser tóxico durante o manuseio e ser três vezes menos inflamável que o diesel comum (CTN, 2012).

O modelo apresentado no fluxograma abaixo identifica os processos que compõe a cadeia produtiva do óleo vegetal residual, que são: produção, distribuição, geração de resíduos, coleta e em alguns casos, o retorno do óleo ao processo produtivo a partir de uma destinação final adequada.

**Figura 1 - Fluxograma demonstrando a geração e destino de óleos residuais de fritura**



Fonte: Adaptado de ABIOVE (2006)

#### 4.1.2 DIFICULDADES E VANTAGENS

Ao adaptar este fluxograma à realidade brasileira, tem-se um fator gerador de dificuldades, que está localizado nas pequenas organizações e nos domicílios, pois, em muitos casos, não há conscientização destes consumidores quanto ao descarte

adequado e, sobretudo, a prática da responsabilidade compartilhada, como determina da PNRS. A maior dificuldade de todo o processo da logística reversa aplicada ao óleo de fritura é a conscientização da população sobre impactos negativos causados pelo óleo de cozinha ao meio ambiente, para o qual é imprescindível a educação, informação e o incentivo de mídias.

Percebe-se que as empresas de pequeno porte, em muitos casos, são desassistidas quanto ao serviço de logística reversa e realizam o descarte incorreto. As grandes iniciativas para a reciclagem e produção de outros produtos a partir do óleo vegetal residual, partem dos grandes geradores, das redes fast food que possuem convênios com empresas de coleta e tratamento do óleo para a produção de biocombustíveis, sabão, tintas, ração animal e outros produtos.

Outro problema observado é a viabilidade econômica, o óleo vegetal é um produto muito rico no Brasil, o que o torna barato e de fácil obtenção na sua forma pura, direto da natureza, a melhor forma para utilização em diversas finalidades, o que pode servir de desestímulo à reciclagem do óleo usado. Porém os custos de arrecadação do óleo usado e os custos no processo de repurificarão do óleo tornam a prática de reciclagem do óleo de cozinha inviável economicamente se comparado com a utilização do óleo vegetal puro.

A utilização do óleo de cozinha na produção do biodiesel representa um bom modelo de desenvolvimento sustentável, pois destina corretamente um resíduo altamente poluente e proporciona uma fonte de energia limpa e renovável, embora o volume de óleo de cozinha utilizado na produção de biodiesel vem aumentando ano a ano, esse resíduo é mais utilizado como componente na produção de outros tipos de produtos como sabão, produtos de limpeza ou tinta à óleo.

A reciclagem do óleo de cozinha pode proporcionar várias vantagens, tanto para a população, o meio ambiente e as empresas que participam, tais como:

- Fonte de renda para famílias carentes e instituições assistenciais;
- Estímulo do comércio entre cooperativas de diversas cidades;
- A empresa que participa, pode utilizar essa ação para compor seu programa de marketing, valorizando sua imagem no mercado;
- Garantia de um destino ecologicamente correto dos resíduos produzidos e dos produtos no final de sua vida útil;

- Reaproveitamento de resíduos altamente poluentes na fabricação de produtos de fonte renovável, como o biodiesel;
- Fonte de energia limpa, renovável e inesgotável;
- Diminui a emissão de carbono na atmosfera.
- Diminui índices de entupimentos dos encanamentos e gastos com limpeza das caixas de gorduras, levando essa redução de gastos à população.

As principais vantagens da utilização de óleos residuais de fritura para a produção de biodiesel podem ser separadas em três âmbitos. O primeiro de caráter econômico, já que se trata de um resíduo e possui preço estabelecido relativamente baixo; o segundo de caráter tecnológico, pois dispensa a necessidade de extração de óleos, que são recursos finitos; e por último, de caráter ambiental, pois é um resíduo descartado de modo inadequado em grande parte das vezes e emite menos gases de efeito estufa.

Um ponto importante que será aprofundado posteriormente, é que, no Brasil, foi autorizado a comercialização de biodiesel misturado ao diesel comum, sendo previsto um aumento para 10% de biodiesel ao diesel para o ano de 2018. Esse aumento implica em maior produção, ou seja, mais matéria-prima a ser utilizada, que em grande parte tem origem dos óleos vegetais puros. A obtenção do biodiesel a partir dos óleos residuais pode contribuir para esse aumento de demanda (previsto contínuo aumento da proporção de biodiesel), pois é um resíduo com uma oferta inexplorada, diminuindo a necessidade da extração de óleos naturais, que são recursos finitos e necessitam de áreas de cultivo, que em alguns casos gera conflitos por impactarem as reservas naturais do país.

Apesar de inúmeras vantagens, não há incentivos ao uso de óleos residuais de fritura para a produção do biodiesel. A sua viabilidade poderá ser alcançada com o aumento da conscientização e projetos de coleta, podendo ter a participação das cooperativas e catadores.

## 5. ANÁLISE DE ALTERNATIVAS

### 5.1 COLETA, TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO

A coleta é baseada na logística reversa do óleo de fritura, que contempla as atividades de coleta, acondicionamento e transporte do óleo até o ponto de

armazenagem, reprocessamento e destino final para os clientes. Uma das dificuldades desse processo é a coleta em diversos pontos com diferentes volumes. O ideal é o acondicionamento dos óleos residuais em garrafas Pets nos domicílios, para serem dispostos em bombonas de 50 litros identificadas para a estocagem nos pontos de coleta, seguindo um sistema de retirada programada para a cooperativa.

A divulgação do projeto de coleta pode ser realizada através de folhetos educativos e palestras, para incentivar a reciclagem do óleo de cozinha e informar os benefícios não só ambientais, mas também sociais. Após a coleta nas bombonas, o óleo é transportado para a cooperativa, onde será tratado previamente, devido às impurezas e à presença de água, para prosseguir no processo de produção do biodiesel.

Para o presente estudo, avaliou-se um projeto para atender três nichos diferentes, sendo eles: o conjunto de três condomínios com população de 3.000 habitantes, o bairro Butantã, com 54.000 habitantes e o bairro Pinheiros, com 65.000 habitantes (populações aproximadas) (Prefeitura de São Paulo, 2010). Para análise da viabilidade da coleta e instalação de uma mini-usina de biodiesel dessas alternativas, optou-se por utilizar uma matriz de decisão qualquantitativa comparando alguns parâmetros considerados de fundamental importância para a escolha adequada ao objetivo deste trabalho. As métricas consistem em qualidade e quantidade de dados, produção de óleo de fritura, número de escolas, dificuldade de obtenção de dados e a presença de Zonas Industriais. Segundo a Ecóleo, a produção per capita de óleo residual pode chegar a 20 L/ano. O número de estabelecimentos escolares de ensino fundamental do 6º ao 9º ano nas dependências dos bairros Pinheiros e Butantã são, respectivamente, 13 e 14 (Prefeitura de São Paulo, 2016).

**Figura 2 - Alternativas ao local de Coleta**

Critérios	Locais		
	Pinheiros	Butantã	Condomínios
Quantidade/Qualidade de dados	Médio	Alto	Baixo
Dificuldade de Obtenção dos Dados	Médio	Baixo	Baixo
Produção de Óleo Residual (estimativa em L/ano)	1.300.000	1.080.000	60.000
Quantidade de Escolas (por 1000 habitantes)	0,20	0,26	0
Zonas Industriais	Não Possui	Possui	Não Possui

**Fonte:** Autores

A partir dessa matriz o bairro Butantã foi escolhido para análise do empreendimento, por apresentar uma maior facilidade na obtenção de dados, um bom potencial de produção do biodiesel a partir do óleo residual e por apresentar zonas industriais, já que é o local de destino mais adequado para armazenamento e tratamento do resíduo. A opção de condomínios foi descartada por apresentar poucos pontos de coleta, pois seriam eles mesmos, o que não permitiria a participação dos catadores, e pelo baixo potencial de produção. Já a alternativa do bairro Pinheiros não foi escolhida devido a uma dificuldade encontrada na obtenção de dados, ausência de zonas industriais no seu perímetro e por ter menos escolas por habitantes que o bairro Butantã, a serem utilizadas como pontos de coleta.

## 5.2 PROCESSOS DE PRODUÇÃO DO BIODIESEL

Para a obtenção de um biodiesel de qualidade há quatro fatores fundamentais, sendo eles: escolha da matéria-prima, seleção de catalisadores, escolha da rota alquílica e a forma de condução do processo.

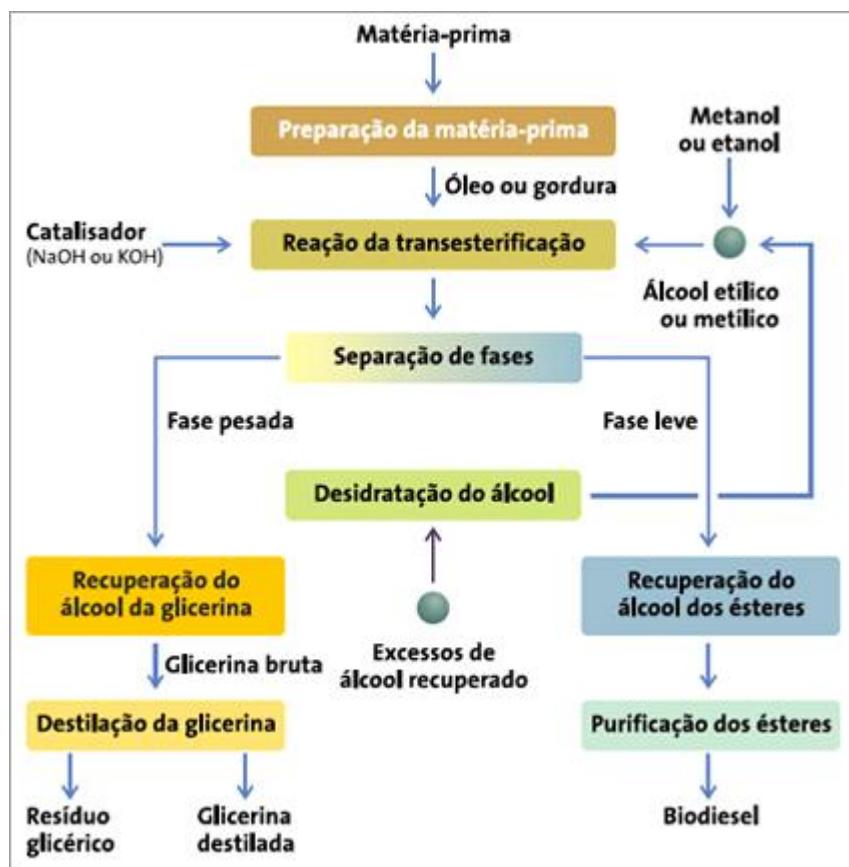
Os óleos vegetais e as gorduras animais são basicamente compostos por triacilgliceróis (ou triglicerídeos), que são cadeias de ácidos graxos ligadas ao glicerol (ou glicerina). Na literatura, são conhecidos, pelo menos, 3 processos de produção (COSTA; OLIVEIRA, 2006; KNOTHE et al., 2006):

- **Craqueamento:** consiste na quebra da molécula do glicerol formando ésteres, que é realizada sob altas temperaturas (acima de 350 Cº);

- Esterificação: é a reação de um ácido com um álcool para obtenção de um éster; o biodiesel será formado a partir da reação do álcool com os ácidos graxos livres;
- Transesterificação: consiste em um processo para redução da viscosidade dos triacilgliceróis, onde suas cadeias de ácidos graxos são separadas do glicerol quando misturados com um álcool.

A forma mais empregada para a produção do biodiesel a partir dos óleos ou gorduras vegetais é a transesterificação, que utiliza álcool e catalisador. A seguir o esquema desse processo, com os insumos de entrada e saída.

**Figura 3 - Fluxograma da Transesterificação**

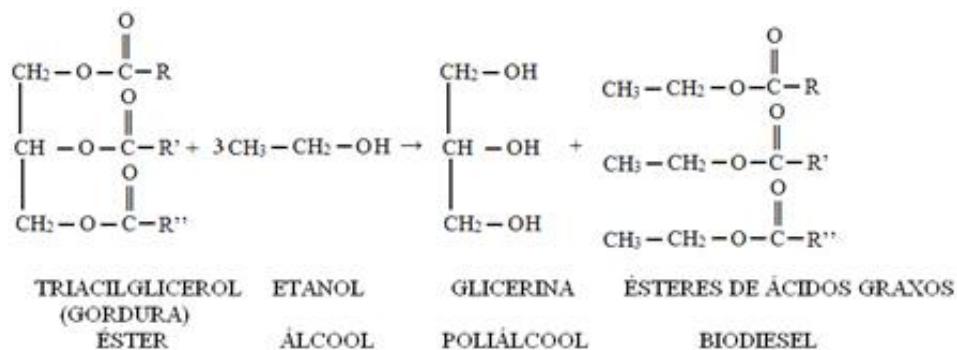


**FONTE:** Adaptado de Vianna (2006)

A reação de transesterificação é a reação de óleo ou gordura vegetal com um álcool (etanol ou metanol) para formar ésteres e glicerol. Na teoria, essa reação é reversível, no entanto, durante a produção do biodiesel, ela não ocorre, ou seja, não há aplicação, o que explica a separação do sistema em duas fases. Além disso, a catálise pode ser ácida, básica ou enzimática, alterando o rendimento e as

condições de reação. Essa reação é representada a seguir, onde as ramificações R, R' e R'' representam diferentes cadeias de ácidos graxos comumente presentes nos óleos vegetais e gorduras animais.

**Figura 4 - Equação Química da formação do Biodiesel**



**Fonte: FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas (2018)**

Aqui foi considerado o uso o etanol como álcool de mistura com o triacilglicerol, apenas para efeitos de ilustrar a reação, ao longo do estudo a discussão etanol x metanol será desenvolvida.

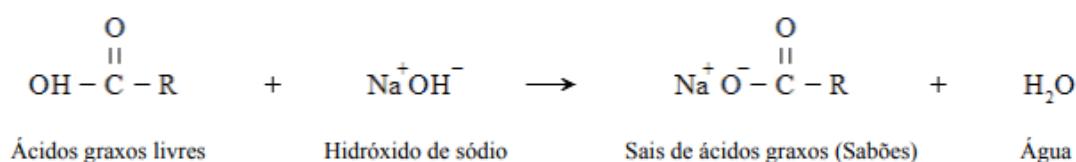
A catálise básica é preparada misturando álcool e uma base forte tal como hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de potássio (KOH). Durante a preparação, o NaOH se rompe em íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{OH}^-$ . O  $\text{OH}^-$  abstrai o hidrogênio do álcool para formar água e deixa o  $\text{CH}_3\text{O}^-$  disponível para reação. O álcool deve ser o mais seco possível para evitar reações indesejadas, como a saponificação. A saponificação ocorre devido à formação de água, o que aumenta a possibilidade de uma reação colateral com ácidos graxos livres, formando sabão.

Uma vez que a catálise é preparada, o triglicerídeo vai reagir com três moles de álcool, para garantir a mistura completa. Os três carbonos ligados com hidrogênio reagem com os íons  $\text{OH}^-$  e formam glicerina, enquanto o grupo  $\text{CH}_3$  reage com o ácido graxo livre para formar o éster metílico do ácido graxo (biodiesel).

A catálise básica é mais aplicada, porém a presença de impurezas como água e ácidos graxos livres em óleos residuais resulta na formação de sabão e consumo de catalisador. Embora a transesterificação ácida não apresente esses problemas, ela requer longos tempos de reação, além de elevadas temperaturas e razão molar álcool: óleo. O pré- tratamento ácido e posterior transesterificação

base-catalisada encontra o problema da remoção de água do óleo neutralizado e reciclagem do álcool utilizado na etapa de pré tratamento o que encarece o processo. Assim, a transesterificação básica de material oleoso residual sem pré tratamento, apesar das limitações, é a forma mais simples e barata de produção de biodiesel (KNOTHE et al., 2006).

**Figura 5 - Equação Química de formação de Sais de Ácidos Graxos**



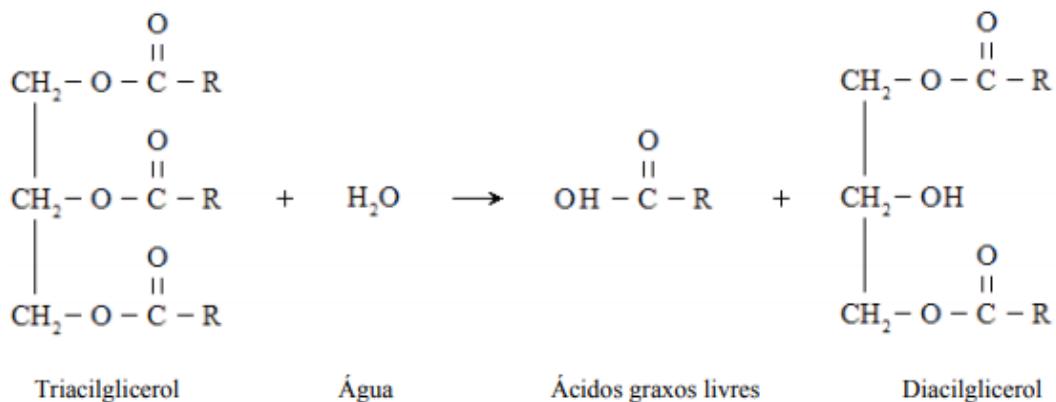
Fonte: JUNIOR, Cezário (2012)

A saponificação é um problema na produção de biodiesel. Como mostrado na reação acima, os ácidos graxos livres reagem com os hidróxidos (catalisadores) o que implica na formação de sabões, e, consequentemente, uma maior emulsificação entre os ésteres e o glicerol, dificultando a separação dos mesmos por decantação. Para evitar essa reação indesejada, pode ser aplicado um pré tratamento da matéria prima a fim de reduzir impurezas como o teor de ácidos graxos livres e a água dos óleos residuais, e então, continuar com a transesterificação alcalina.

A presença de ácidos graxos livres pode ser considerada irrelevante na transesterificação alcalina quando seu teor for menor que 1% da amostra de matéria-prima. Quando o teor de ácidos graxos livres estiver entre 1% e 6% e a matéria-prima está isenta de água, há a utilização de catalisadores alcalinos para aceleração do processo de transesterificação, mesmo com pequena produção de sabão, sendo necessária adição complementar de catalisadores para repor o que foi consumido na reação de saponificação. Caso contrário, ou seja, na existência de água na matéria-prima, a transesterificação alcalina só será considerada o processo adequado, caso o teor de ácidos graxos livres for menor que 3%. A quantidade de hidróxidos catalisadores utilizados varia em torno de 0,3% a 1,5% em relação à massa de matéria-prima (GERPEN et al., 2004).

A presença de água nas etapas da produção do biodiesel pode resultar na queda da qualidade e do rendimento da produção do combustível. Quando contida na matéria-prima a água reage com os triacilgliceróis, formando ácidos graxos livres, conforme reação de hidrólise de triacilglicerol representada a seguir.

**Figura 6 - Equação Química da formação de Ácidos Graxos Livres e Diacilglicerol**



Fonte: TREVISAN, Ayrison (2016)

A água pode surgir do armazenamento inadequado, devido à umidade do ar, e da produção de matéria-prima em biodiesel, já que ela é formada como subproduto da mistura do catalisador hidróxido e do álcool empregado. Caso não sejam tomados os devidos cuidados a água permanece no biodiesel durante o armazenamento e pode ocorrer a hidrólise do éster, que é o próprio biodiesel, prejudicando sua qualidade. Essa reação inversa está representada a seguir.

**Figura 7 - Equação Química da formação de ácidos graxos livres e álcool**



Fonte: Leite Oldair (2008)

Outro ponto a ser considerado na produção do biodiesel é a escolha do álcool a ser misturado. O metanol é o mais empregado no mundo para a produção do biodiesel. Além de ter um baixo valor em relação ao etanol, o metanol é mais reativo nas mesmas condições de operação, consome menos energia, já que seu processo exige tempo e temperatura menores, e baixos consumos desse álcool em relação ao etanol (PARENTE, 2003). Por outro lado, o metanol é bastante tóxico e possui maior volatilidade, pois é um produto tradicionalmente fóssil. Há maior risco de incêndios com o uso de metanol, pois produz chama invisível.

O etanol também apresenta vantagens e desvantagens quando comparada ao metanol na produção de biodiesel. Entre as vantagens nota-se que no Brasil a produção do etanol já está consolidada; o combustível produzido apresenta maior

índice de cetano e maior lubricidade; o biodiesel é 100% renovável, pois no Brasil o álcool é sintetizado pela biomassa; menores riscos de incêndio; menor toxicidade e menor volatilidade que o metanol. Já as desvantagens são: maior afinidade do etanol com a glicerina, dificultando a separação da fase glicerídica; possui azeotropia (quando duas substâncias apresentam mesmo ponto de ebulição, apresentando comportamento semelhante a uma substância pura), o que gera maiores gastos energéticos; e os volumes dos equipamentos da rota etílica são consideravelmente maiores quando comparados com os equipamentos da rota metílica (COSTA NETO, 2000).

Segundo um estudo sobre Programas de Reciclagem de Óleo de Fritura da SABESP (2011), um litro de óleo de fritura pode produzir até 0,95 litros de biodiesel, um rendimento de 95%, pelo processo de transesterificação, sendo esse óleo vendido por R\$ 0,30. A partir dos valores do biodiesel estabelecidos pelo o 60º leilão de biodiesel da ANP, este tem um preço médio praticado de R\$ 2,423/L.

Analizando alternativas do destino do óleo de fritura tratado, há uma opção com grande mercado que é a produção de sabão a partir desse resíduo. Há grandes variações quanto os métodos de produção e seus rendimentos. Segundo estudo publicado pelo Centro Científico Conhecer sobre Sabão de Sódio Glicerinado: Produção Com Óleo Residual de Fritura (2010), para a produção de uma barra de sabão de 60 gramas são necessários 50 mililitros de óleo residual, e que o custo final da barra é de R\$ 0,06. Logo, um litro de óleo de fritura pode produzir 1,2 quilogramas de sabão, a um custo total de R\$ 1,50 (R\$ 1,20 do custo de produção e R\$ 0,30 para obtenção do óleo). O produto pode ser vendido por valores que variam de R\$ 6,00 a R\$ 10,00, considerando a ausência de aromatizantes.

De modo geral, tanto a produção de biodiesel quanto a produção de sabão a partir dos óleos residuais de fritura são alternativas sustentáveis e apresentam retornos financeiros equivalentes. No entanto, será desenvolvido o projeto apenas da mini usina de biodiesel, e a glicerina será comercializada para os potenciais clientes, como os produtores de sabão.

## 5.3 CENÁRIO NACIONAL

### 5.3.1 Leilão

Recentemente foi realizado o 60º leilão de biodiesel da ANP, leilão do qual ocorre todas as negociações de biodiesel. Foram arrematados 928,138 milhões de litros de biodiesel, destes, 99,6% são advindos de produtores com selo de Combustível Social o preço médio praticado no leilão foi de R\$ 2,423/L. O valor total negociado foi de R\$ 2,25 bilhões, representando uma queda de 16,78% em comparação com o preço máximo de referência médio (R\$ 2,91/L) (MDA, 2018).

Os Leilões de Biodiesel destinam-se a atender o disposto na Lei nº 13.263, publicada no DOU em 24/03/16, que estabelece em 10% o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final (B10), em até trinta e seis meses após a data de promulgação da Lei. (ANP, 2016).

A comercialização do biodiesel é feita por meio de leilões públicos organizados pela ANP. Os leilões de biodiesel visam à aquisição de biodiesel pelos adquirentes (refinarias e importadores de óleo diesel) para atendimento ao percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel e para fins de uso voluntário, cujo volume deve ser entregue pelas unidades produtoras de biodiesel. O edital padrão do leilão, vigente em 2016, estabelece que o processo do certame seja composto de oito etapas, na seguinte ordem (ANP, 2016):

- Etapa 1: habilitação dos fornecedores de biodiesel, promovida diretamente pela ANP por meio de análise documental.
- Etapa 2: apresentação das ofertas pelos fornecedores para atender à mistura obrigatória. Cada fornecedor pode apresentar até três ofertas por unidade produtora. O preço apresentado para cada oferta, em reais por metro cúbico, na condição FOB, incluindo PIS/Pasep e Cofins, sem ICMS, não pode ser superior ao preço máximo de referência (PMR) regional, que é calculado pela ANP.
- Etapa 2.a: apresentação de uma oferta individual de venda, com indicação do preço unitário e do volume pelos fornecedores, exclusivamente para fins de comercialização de biodiesel de uso voluntário. O volume ofertado por cada fornecedor não poderá ser superior ao seu saldo total de oferta não vendida para fins de adição

obrigatória. Na segunda rodada de lances o fornecedor poderá alterar apenas o preço unitário.

- Etapa 3: seleção das ofertas pelos adquirentes, com origem exclusiva em fornecedores detentores do selo combustível social. Nessa etapa os distribuidores disputam os lotes de biodiesel ofertados pelos produtores detentores do selo.
- Etapa 4: reapresentação de preços de ofertas pelos fornecedores. Nessa etapa, os fornecedores deverão apresentar novos preços, sempre iguais ou inferiores àqueles apresentados na etapa 2, visando a sua participação na etapa 5.
- Etapa 5: seleção das demais ofertas pelos adquirentes, com origem em quaisquer fornecedores, independentemente de possuírem o selo combustível social.
  - Etapa 5.a: seleção das ofertas pelos adquirentes para fins de comercialização de biodiesel de uso voluntário.
  - Etapa 6: consolidação e divulgação do resultado final, que é publicado no Diário Oficial da União (DOU).

**Tabela 2 – Especificações da ANP sobre o Biodiesel**

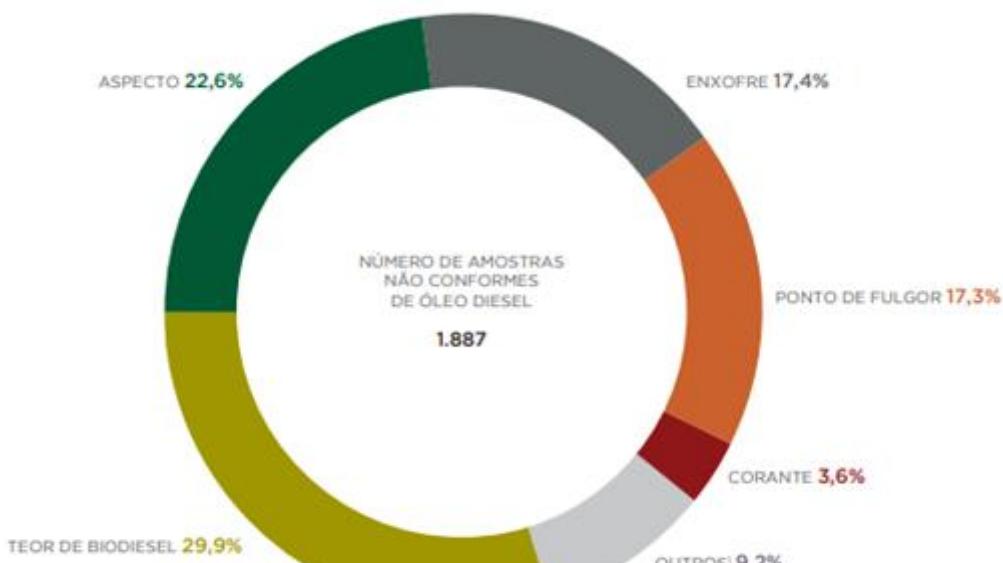
CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE	MÉTODO		
			ABNT NBR	ASTM D	EN/ISO
			-	-	-
Aspecto	-	LII (1) (2)	-	-	-
Massa específica a 20ºC	kg/m³	850 a 900	7148 14065	1298 4052	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Viscosidade Cinemática a 40°C	mm²/s	3,0 a 6,0	10441	445	EN ISO 3104
Teor de água, máx.	mg/kg	200,0 (3)	-	6304	EN ISO 12937
Contaminação Total, máx. (13)	mg/kg	24	15995	-	EN12662 (5)
Ponto de fulgor, mín. (4)	ºC	100	14598	93	EN ISO 3679
Teor de éster, mín	% massa	96,5	15764	-	EN 14103 (5)
Cinzas sulfatadas, máx. (6)	% massa	0,02	6294	874	EN ISO 3987
Enxofre total, máx.	mg/kg	10	15867	5453	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Sódio + Potássio, máx.	mg/kg	5	15554 15555 15553 15556	-	EN 14538 (5) EN 14109 (5) EN 14108 (5)
Cálcio + Magnésio, máx.	mg/kg	5	15553 15556	-	EN 14538 (5)
Fósforo, máx. (7)	mg/kg	10	15553	4951	EN 14107 (5) EN 16294 (5)
Corrosividade ao cobre, 3h a 50 ºC, máx. (6)	-	1	14359	130	EN ISO 2160
Número Cetano (6)	-	Anotar	-	613 6890 (8)	EN ISO 5165

**Continua**

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE	MÉTODO		
			ABNT NBR	ASTM D	EN/ISO
Ponto de entupimento de filtro a frio, máx.	°C	-9	14747	6371	EN 116
Índice de acidez, máx.	mg KOH/g	0,5	14448	664	EN 14104 (5)
Glicerol livre, máx.	% massa	0,02	15771 15908 (5)	6584 (5) -	EN 14105 (5) EN 14106 (5)
Glicerol total, máx. (10)	% massa	0,25	15344 15908 (5)	6584 (5) -	EN 14105 (5)
Monoacilglicerol, máx.	% massa	0,7	15342 (5) 15344 15908 (5)	6584 (5)	EN 14105 (5)
Diacilglicerol, máx.	% massa	0,2	15342 (5) 15344 15908 (5)	6584 (5)	EN 14105 (5)
Triacilglicerol, máx.	% massa	0,2	15342 (5) 15344	6584 (5)	EN 14105 (5)
Metanol e/ou Etanol, máx.	% massa	0,2	15343	-	EN 14110 (5)
Índice de lodo	g/100g	Anotar	-	-	EN 14111 (5)
Estabilidade à oxidação a 110°C, mín. (11)	h	6 (12)	-	-	EN 14112 (5) EN 15751 (5)

Fonte: ANP (2018)

Figura 8 - Amostras que não cumprem as especificações da ANP



Fonte: ANP/SBQ (2011)

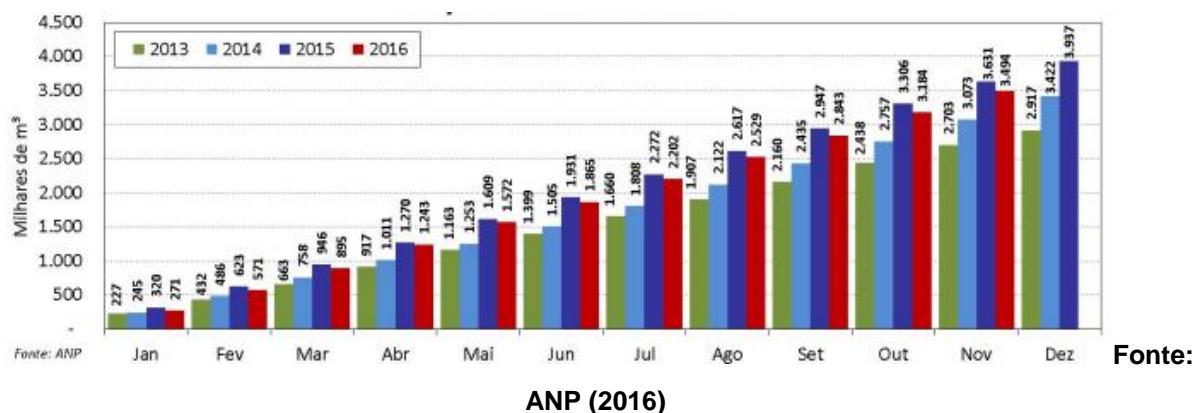
### 5.3.2 Produção

O biodiesel passou de 3,8 bilhões de litros em 2016 para 4,3 bilhões em 2017, o que representa um crescimento de 13,2%. O aumento no consumo do biodiesel ocorreu devido ao aumento da quantidade de biodiesel obrigado a misturar ao diesel. O consumo do diesel apresentou 0,9% de expansão em relação ao ano anterior devido à recuperação econômica do país (ANP, 2016).

### 5.3.3 Produção Acumulada.

Na figura 9 abaixo é possível observar que o valor acumulado da produção no ano de 2016 foi de 3.494.000 m<sup>3</sup>, um decréscimo de 3,8% em relação ao mesmo período de 2015 (3.631.000 m<sup>3</sup>)

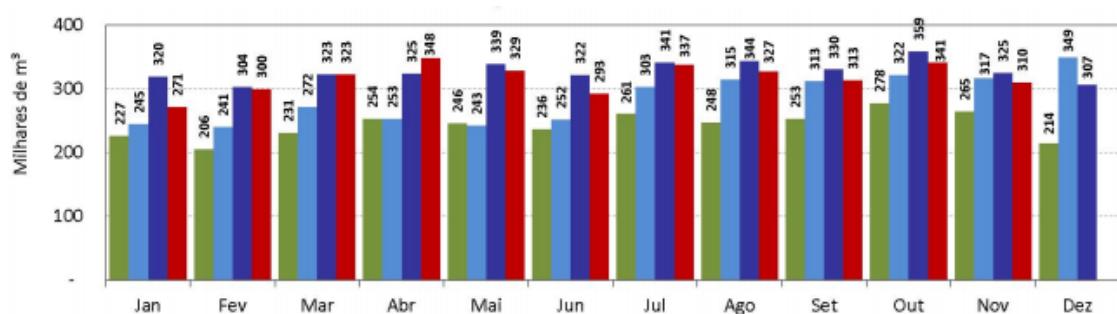
**Figura 9 - Produção de Biodiesel Acumulada**



### 5.3.4 Produção Mensal.

Tomando como base as vendas por meio do leilão que a ANP promove mensalmente, a figura 10 mostra que a produção de biodiesel, em novembro de 2016, foi de 310.000 m<sup>3</sup>.

**Figura 10 - Produção Mensal de Biodiesel**



Os dados apresentados representam os períodos de mistura B5 (até junho de 2014), B6 (julho até outubro de 2014) e B7 (a partir de novembro de 2014), a produção acumulada anual e, posteriormente, a produção mensal, com a variação percentual em relação ao mesmo período do ano anterior.

### 5.3.5 Mistura ao Diesel

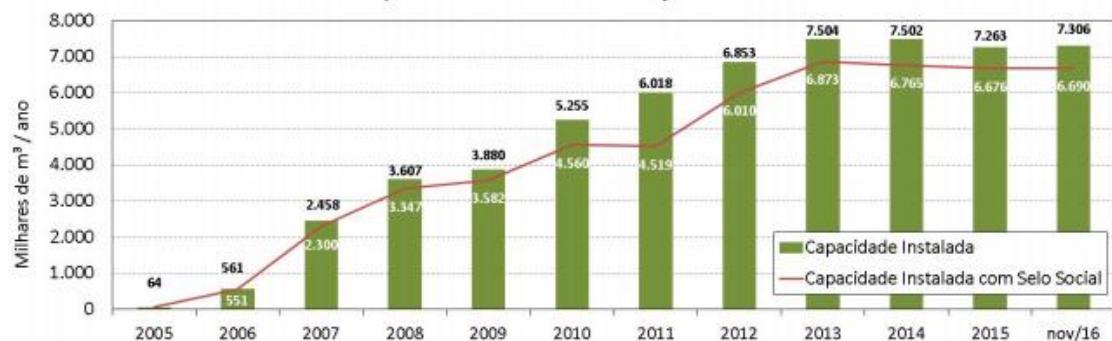
No mês de março de 2018, o Brasil passou a ter no óleo diesel de petróleo, a mistura de 10 % de biocombustíveis não fósseis. Segundo a Abiove, o acréscimo percentual de 8 para 10, representará um incremento na demanda por biodiesel de quase 30 %.

Com a alteração, a demanda passará para quase 6 bilhões de litros de combustível vindo de fontes renováveis, sendo 80 % originário da soja. Isso representa uma necessidade de produzir cerca de 4 milhões de toneladas de óleo de soja bruto, somente para atender a produção de diesel brasileira neste ano. Além dos ganhos ambientais, estima-se uma economia em divisas na ordem de U\$ 2,2 bilhões (Abiove, 2018).

### 5.3.6 Capacidade Instalada e Localização

A capacidade instalada autorizada a operar comercialmente em abril de 2016 ficou em 7.243 mil m<sup>3</sup>/ano (604 mil m<sup>3</sup>/mês), como se pode ver na figura 11 a seguir. Dessa capacidade, 91% são referentes às empresas detentoras do Selo Combustível Social.

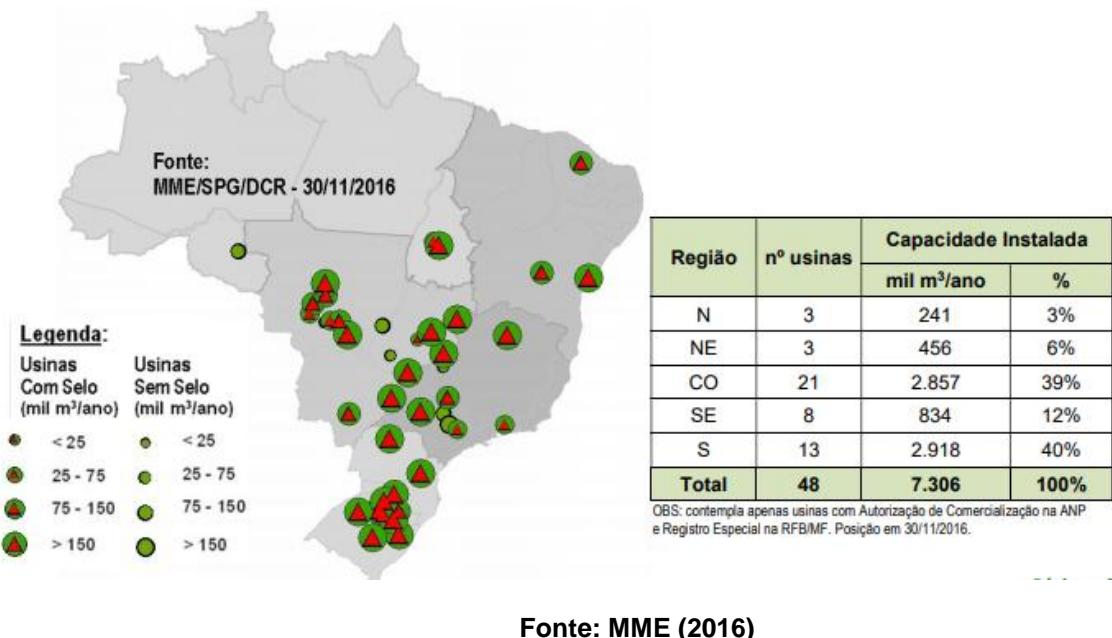
**Figura 11 - Capacidade Instalada de Produção de Biodiesel**



**Fonte: MME (2016)**

Em abril, havia 49 unidades aptas a operar comercialmente, do ponto de vista legal e regulatório, com uma capacidade média instalada de 148 mil m<sup>3</sup>/ano (411 m<sup>3</sup>/dia). Desses, 38 detinham o Selo Combustível Social.

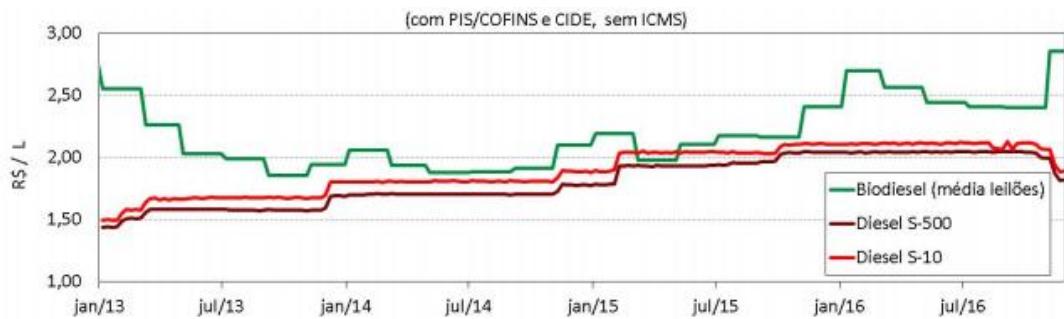
**Figura 12 - Localização das Unidades Produtoras**



### 5.3.7 Biodiesel: Preços e Margens

A figura 13 a seguir apresenta a evolução de preços no produtor de biodiesel (B100) e de diesel, na mesma base de comparação (com PIS/Cofins e CIDE, sem ICMS). Em novembro de 2016, o preço médio do biodiesel no produtor foi de R\$ 2,86, sendo 50,6% superior à média do diesel (R\$ 1,90).

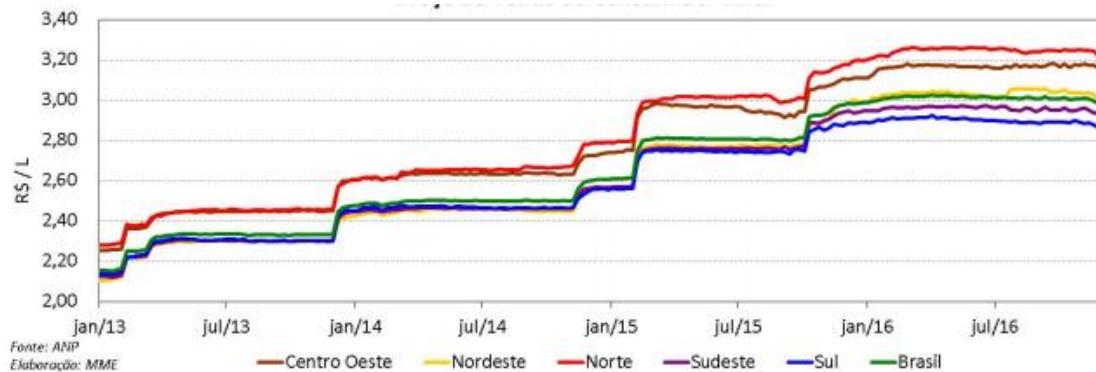
**Figura 13 - Preço de Venda de Biodiesel no Produtor**



Fonte: ANP (2016)

A partir da figura 13, nota-se que o preço médio do biodiesel chega a ser em média 17,3% maior do que o preço médio do Diesel S-10.

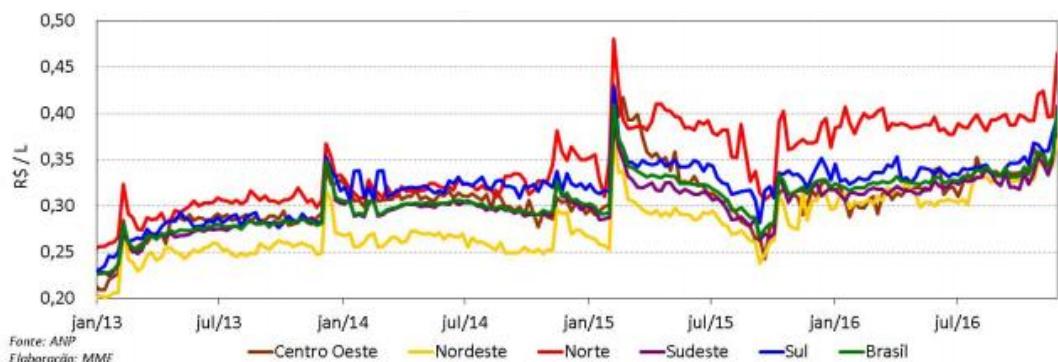
**Figura 14 - Preço de Venda ao Consumidor Final**



Fonte: ANP (2016)

Na figura 14 nota-se que há um Gap, significativo de preços para o consumidor final das regiões Centro Oeste e Norte com as demais regiões do Brasil, chegando a ser aproximadamente 10% mais caro.

**Figura 15 - Margem Bruta de Revenda de Biodiesel**



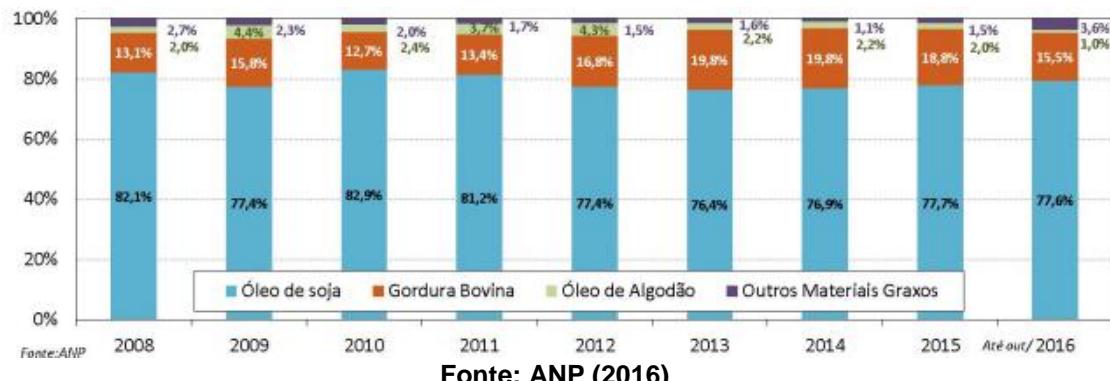
**Fonte: ANP (2016)**

Analizando as curvas da figura 15 nota-se que a região com menor margem na grande maioria dos meses é o Nordeste, e o Norte possui a maior margem bruta de revenda na grande maioria do período observado. Para o escopo deste projeto, foi destacada a curva da região Sudeste, na qual os valores variaram entre 0,21 e 0,36 R\$/L, mas na média o valor foi de aproximadamente 0,29 R\$/L.

### 5.3.8 Biodiesel: Participação das Matérias-Primas

A figura 16 apresenta a evolução da participação das matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel.

**Figura 16 - Participação das Matérias-Primas Usadas na Produção do Biodiesel**



**Fonte: ANP (2016)**

Tem-se que em 2016, o valor acumulado até outubro, nos diz que a participação das três principais matérias-primas foi:

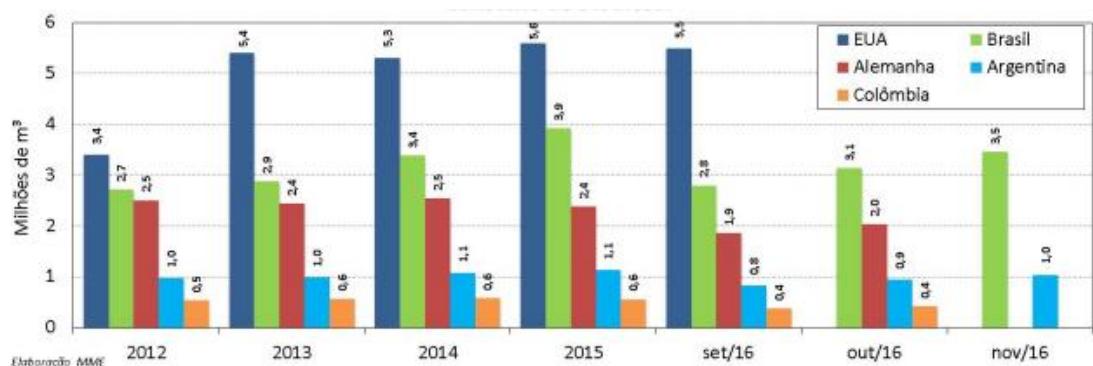
- 77,6% soja.
- 16,5% gordura bovina.
- 1,0% algodão.

- 3,6% Outros materiais Graxos, onde se encaixa o objeto de estudo a respeito do óleo de fritura, abordado neste trabalho. Que será mais aprofundado e explorado.

### 5.3.9 Biodiesel: Cenário Internacional

Em 2015, o Brasil foi o segundo maior consumidor mundial de biodiesel (3,9 milhões de m<sup>3</sup>), atrás dos Estados Unidos (5,6 milhões de m<sup>3</sup>) (ANP, 2016). Tais dados nos mostram o quanto importante o Brasil é no cenário internacional de Biodiesel, então se identificou um grande potencial a ser estudado, pois nossa produção se baseia principalmente na obtenção através da Soja, que está passando por certos gargalos a medida que aumenta a demanda por biodiesel, visto que o objetivo é chegar em 20% misturados ao diesel fóssil até 2030.

**Figura 17 - Consumo de Biodiesel**



Fonte: MME (2016)

### 5.3.10 Matérias-primas na produção de biodiesel

As tabelas a seguir nos dão dados valiosos a respeito da produção de biodiesel segmentada por matéria-prima, nosso enfoque se dá no Óleo de Fritura, que é pouco aproveitado, mesmo existindo uma larga disponibilidade nos grandes centros, são pouco aproveitados para geração de biodiesel.

**Tabela 3 - Produção de Matéria Prima**

Matéria-prima	2014	2015	2016	2017	2018
Óleo de soja	2.553.561	3.008.603	2.910.790	3.007.545	686.640
Gorduras animais	732.447	791.748	638.823	726.012	193.484
Óleo de algodão	81.742	77.312	40.624	12.873	2.363
Óleo de fritura usado	25.968	17.549	27.839	59.408	16.531
Outras	28.491	42.056	183.351	485.437	114.421
<b>Total</b>	<b>3.422.210</b>	<b>3.937.269</b>	<b>3.801.427</b>	<b>4.291.276</b>	<b>1.013.438</b>

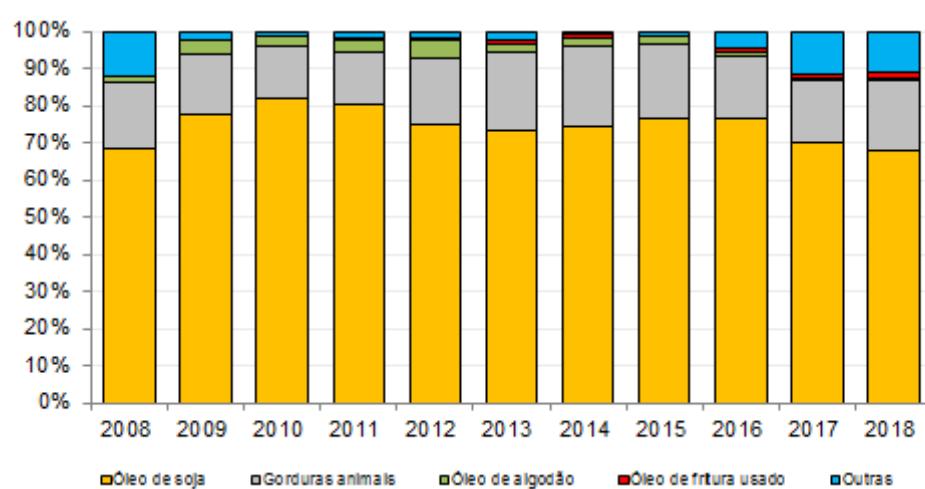
Fonte: ANP/ABIOVE (2018)

**Tabela 4 - Produção Mensal de Biodiesel**

Mês	2013	2014	2015	2016	2017	2018
JAN	226.505	245.215	319.546	271.388	255.361	337.818
FEV	205.738	240.529	303.594	300.065	259.812	338.267
MAR	230.752	271.839	322.692	323.158	335.069	452.444
ABR	253.591	253.224	324.526	348.485	347.603	
MAI	245.934	242.526	338.851	328.814	369.316	
JUN	236.441	251.517	322.185	292.772	359.236	
JUL	260.671	302.971	341.094	337.435	387.236	
AGO	247.610	314.532	344.038	327.183	399.997	
SET	252.714	312.665	330.388	313.309	398.707	
OUT	277.992	321.603	359.166	341.024	409.344	
NOV	265.176	316.627	324.662	321.560	386.941	
DEZ	214.364	348.962	306.526	296.145	382.671	
<b>Total</b>	<b>2.917.495</b>	<b>3.419.838</b>	<b>3.930.503</b>	<b>3.810.863</b>	<b>4.291.294</b>	<b>1.128.529</b>

Fonte: ANP/ABIOVE(2018)

**Figura 18 - Participação de matérias primas para produção de biodiesel**



Fonte: ANP/ABIOVE (2018)

### 5.3.11 Projeção para Soja

A importância de discutir as projeções da produção de soja é que será necessário aumentar a produção de biodiesel exponencialmente, para cumprir as metas estabelecidas da mistura de biodiesel ao diesel, e como cerca de 80% de toda produção de biodiesel advém da soja, torna-se essencial o aumento da eficiência no plantio e dos ha de plantação, de forma que chegará a um ponto impraticável, ou seja, deve-se investir em outras opções para diminuir a dependência pela soja. Uma das soluções propostas e com potencial de exploração, é justamente o óleo de fritura.

### 5.3.12 Projeções para o complexo da soja brasileiro

**Tabela 5 - Projeções para o Complexo da Soja Brasileiro**

<b>COMPLEXO SOJA</b>	<b>2016</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>Unidade (milhões)</b>	<b>Δ% 2016-30 (a.a.)</b>
Produção de soja (safra)	96,6	114,7	133,3	164,9	t	4,2%
Área plantada	32,4	36,2	39,2	44,6	ha	2,5%
Produtividade	3,0	3,2	3,4	3,7	t/ha	1,6%
Quantidade de soja processada	40,7	55,1	77,3	107,2	t	7,7%
Parcela da safra processada	40	48	58	65	%	3,8%
Produção de óleo de soja	8,1	10,2	14,3	19,9	t	7,1%
Óleo de soja destinado ao biodiesel	2,6	4,3	7,7	12,2	t	12,6%
Óleo de soja cons. doméstico exceto biodiesel	3,9	4,2	4,6	5,3	t	2,4%
Óleo de soja mercado externo	1,6	1,6	1,9	2,4	t	3,2%
Produção de farelo	30,9	43,5	61,1	84,7	t	8,1%
Mercado doméstico	15,8	21,7	29,9	41,5	t	7,7%
Mercado externo	15,1	21,7	31,1	43,2	t	8,4%

**Fonte: ABIOVE (2016)**

Além da soja, sebo bovino e da palma de óleo, ainda poderão fazer parte da matriz de produção do biodiesel em 2030, com políticas adequadas de incentivo, com destaque para os óleos de fritura recuperados; de algodão, canola, girassol, amendoim; de palmáceas como babaçu e macaúba; das gorduras de porco, de frango e de peixe; de oleaginosas potenciais como camelina, pinhão-manso e crambe; e ainda de óleo de microalgas.

Observa-se a oportunidade de expansão do aproveitamento dos óleos de fritura que hoje são descartados, quase que totalmente de forma incorreta, gerando custos para empresas de saneamento e poluindo as águas. Além da conscientização e educação ambiental da população, o aumento da demanda por biodiesel pode impulsionar a demanda por este tipo de óleo, por meio de ações

convergentes para fomentar o recolhimento e reaproveitamento deste passivo ambiental para transformação em energia renovável. O Ministério do Meio Ambiente - MMA, por exemplo, está estruturando um programa para estimular a coleta de óleo residual.

### **5.3.13 Potenciais Do Biodiesel Na Matriz Energética**

Sendo o B20 composto de 20% de biodiesel, se for adotado como mistura mínima obrigatória em 2030, haverá participação de 3,31% de biodiesel na Matriz Energética e o Brasil, valor consideravelmente alto tendo em vista a conjuntura internacional, então o Brasil desfrutará dos seguintes benefícios:

- Deixará de emitir aproximadamente 34 milhões de t de CO<sub>2</sub> equivalente por ano em 2030, o que corresponde a 250 milhões de árvores plantadas por ano. Com isso, o biodiesel brasileiro participará do esforço para evitar o aumento da temperatura global.
- Evitará que milhares ou até mesmo milhões de brasileiros adoçam por problemas de poluição, principalmente nas grandes cidades, e deixem assim de sobrecarregar com internações o sistema de saúde, propiciando menores gastos nos hospitais públicos, não deixando de lado as mortes evitadas, cujos valores são incalculáveis.
- O Biodiesel representará um valor próximo de 10% da Matriz de Combustíveis Brasileira e, além disso, contribuirá com 3,31% dos 18% colocados como meta de representatividade de biocombustíveis sustentáveis na Matriz Energética Brasileira.
- A mistura de 20% de biodiesel até 2030, estabelecida como meta pela NDC brasileira no Acordo de Paris (COP-21), irá gerar mais empregos por conta do aumento do processamento da soja, que deixará de ser exportada in natura e passará a ser processada em maior percentual internamente.
- O biodiesel irá absorver o excedente de óleo gerado na produção de farelo proteico demandado para nutrição animal, também irá alavancar a produção e uso do óleo de palma em regiões carentes de oportunidades econômicas e em condições ambientalmente sustentáveis, bem como irá possibilitar a criação de uma nova cadeia produtiva no leque de produção agrícola nacional.

- Reduzirá a necessidade de importação de diesel e por fim a previsibilidade de crescimento da demanda de biodiesel gerará investimentos em bens de capital movimentando os diversos setores da economia.

## 6. ANÁLISE DE VIABILIDADE DO PROJETO

A partir do levantamento dos dados apresentados, os mesmos foram compilados e analisados em conjunto, cruzando os dados obtidos na literatura com os dados obtidos na pesquisa de campo, destas relações foi desenvolvida uma análise da viabilidade do projeto de implementação de uma mini usina de produção de biodiesel localizada no Butantã apresentado, considerando os aspectos financeiros, técnicos, sociais e ambientais.

A metodologia utilizada nesta seção foi demonstrar uma descrição das instalações, a discriminação e a quantificação de todos os custos e receitas, e finalmente realizar uma análise dos indicativos de viabilidade econômica, utilizando métricas como ROI (Retorno sobre Investimento) e *Payback* para assim avaliar a viabilidade do projeto através da análise e conclusão destas métricas.

Em finanças, retorno sobre investimento (em inglês, *return on investment* ou ROI), também chamado taxa de retorno (em inglês, *rate of return* ou ROR), taxa de lucro ou simplesmente retorno, é a relação entre a quantidade de dinheiro ganho (ou perdido) como resultado de um investimento e a quantidade de dinheiro investido.

*Payback* significa “retorno”. Trata-se de uma estratégia, um indicador usado para calcular o período de retorno de investimento em um projeto. Em palavras mais técnicas, *payback* é o tempo de retorno desde o investimento inicial até aquele momento em que os rendimentos acumulados se tornam iguais ao valor desse investimento (Mesquita, 2016).

Na categoria máquinas e equipamentos, fez-se a escolha considerando o modelo apresentado nas características técnicas que são as mais adequadas às necessidades do projeto de uma mini usina, como: capacidade de produção; manutenção; prazo de entrega; assistência técnica; tecnologia eficiente e fácil de operar; e, por fim, o melhor preço do equipamento em relação a outros fornecedores (DE LORENZO, 2014).

## 6.1 Análise das Receitas Geradas

Para a análise das receitas geradas, consideraram-se os dois produtos gerados do tratamento do óleo residual de frituras: o biodiesel e a glicerina. Além dos produtos gerados também se realizou uma análise minuciosa das variáveis que os abrangem, tais como:

- i. Preço do Biodiesel e sua variação temporal;
- ii. Habitantes do bairro do Butantã e sua variação temporal;
- iii. Taxa de Participação dos habitantes do Butantã no programa proposto no projeto e a sua variação temporal;
- iv. Consumo de óleo por habitante e sua variação temporal;
- v. Eficiência na produção de Biodiesel;
- vi. Preço da Glicerina.

### 6.1.1 Venda do Biodiesel

Para este projeto foi determinado que o Biodiesel produzido seria comercializado por meio de leilões realizados pela ANP. O preço do Biodiesel e a sua variação temporal foram determinadas de acordo com dados obtidos da ABIOVE.

**Tabela 6 - Preços nominais mensais do biodiesel: média dos leilões ANP**

Preços nominais mensais do biodiesel: média dos leilões ANP (R\$/m³)												
Mês	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
JAN	1.864,40	2.387,76	2.326,67	2.296,76	2.332,79	2.553,46	2.060,45	2.194,47	2.696,39	2.810,81	2.400,06	
FEV	1.864,40	2.387,76	2.326,67	2.296,76	2.332,79	2.553,46	2.060,45	2.194,47	2.696,39	2.810,81	2.400,06	
MAR	1.864,40	2.387,76	2.326,67	2.296,76	2.332,79	2.213,57	1.935,37	1.975,13	2.564,75	2.302,38	2.515,46	
ABR	1.864,40	2.155,22	2.237,05	2.046,21	2.043,03	2.213,57	1.935,37	1.975,13	2.564,75	2.302,38	2.515,46	
MAI	1.864,40	2.155,22	2.237,05	2.046,21	2.043,03	1.981,22	1.880,25	2.014,88	2.440,50	2.108,25	2.423,12	
JUN	1.864,40	2.155,22	2.237,05	2.046,21	2.043,03	1.981,22	1.880,25	2.014,88	2.440,50	2.108,25	2.423,12	
JUL	2.688,47	2.308,97	2.105,58	2.207,61	2.485,80	1.937,95	1.884,13	2.171,77	2.406,61	2.255,22	2.631,18	
AGO	2.688,47	2.308,97	2.105,58	2.207,61	2.485,80	1.937,95	1.884,13	2.171,77	2.406,61	2.255,22	2.631,18	
SET	2.688,47	2.308,97	2.105,58	2.207,61	2.485,80	1.856,68	1.913,71	2.162,44	2.319,32	2.317,71	2.438,91	
OUT	2.607,17	2.265,98	1.740,00	2.305,41	2.675,19	1.856,68	1.913,71	2.162,44	2.319,32	2.317,71	2.438,91	
NOV	2.607,17	2.265,98	1.740,00	2.305,41	2.675,19	1.943,12	2.100,38	2.406,20	2.855,10	2.334,81		
DEZ	2.607,17	2.265,98	1.740,00	2.305,41	2.675,19	1.943,12	2.100,38	2.406,20	2.855,10	2.334,81		
<b>Média</b>	<b>2.256,11</b>	<b>2.279,48</b>	<b>2.102,33</b>	<b>2.214,00</b>	<b>2.384,20</b>	<b>2.081,00</b>	<b>1.962,38</b>	<b>2.154,15</b>	<b>2.547,11</b>	<b>2.354,86</b>	<b>2.481,75</b>	

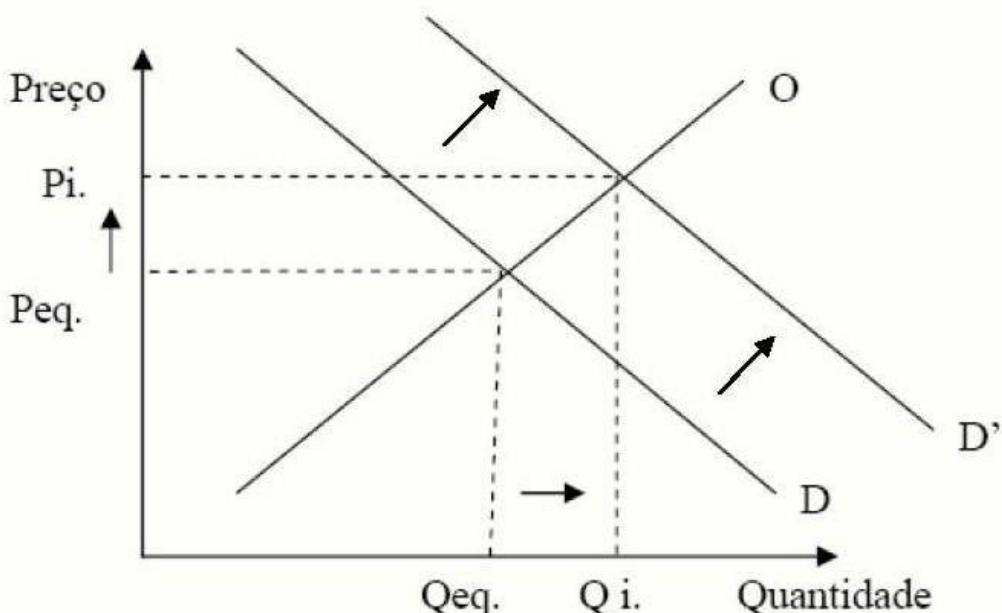
**Fonte: ABIOVE (2018)**

De acordo com a tabela acima é possível ver um crescimento de 10,0% no preço nominal do biodiesel por meio de leilões ANP entre os anos de 2008 e 2018, passando de uma média de R\$ 2.256,11/mês por m³ em 2008 para R\$ 2.481,75/mês por m³ em 2018, ou seja, um crescimento médio de 0,91% ao ano. Para este projeto

foi considerado um crescimento linear para realização da projeção do preço do biodiesel, considerou-se como a taxa de crescimento o valor de 0,91% obtido por meio de análise dos dados da ABIOVE.

O preço do Biodiesel e a sua variação podem sofrer diversas alterações não levadas em consideração neste projeto, devido a sua imprevisibilidade, porém ao que toda a conjuntura política e ambiental brasileira e mundial indica, o Biodiesel estará cada vez mais em evidência e será cada vez mais utilizado como alternativa a combustíveis fósseis, devido aos seus menores impactos ambientais.

**Figura 19 - Variação do Preço em função da demanda**



**Fonte:** Baumol (2007)

Visto isso, as projeções apresentadas neste projeto podem ser consideradas de caráter conservador, pois foi utilizado um modelo linear de projeção com dados dos últimos 11 anos, sendo que para os próximos anos há expectativas e projetos para a utilização Biodiesel.

Em economia, a Lei da Oferta e Procura é um modelo de determinação de preços num mercado, a formação de preços depende diretamente das condições de oferta e demanda (Baumol, 2007). Duas das variáveis que devem influenciar na Lei da Oferta e Procura, demonstrado na figura acima, aplicada ao Biodiesel é a sua demanda, que deve elevar o preço do mesmo e também programas de incentivo do

governo, aos quais já apontado anteriormente, possuem projeções positivas no cenário nacional, ou seja, na conjuntura é possível assumir que o preço/m<sup>3</sup> do Biodiesel no Brasil tem projeção de alta para os próximos anos, como assumido neste projeto e suas projeções.

### **6.1.2 Venda da Glicerina**

A crescente produção de biodiesel no Brasil vem gerando um aumento da oferta de glicerina, co-produto deste processo. Esse acelerado aumento da oferta da glicerina, por sua vez, tem impactos econômicos expressivos em diversos setores, pois acarretam a redução de seu preço no mercado.

Segundo Parente (2003), aproximadamente 10% de glicerina é gerada da produção de biodiesel. A previsão de produção de biodiesel no Brasil é de 2,4 milhões de m<sup>3</sup> para o ano de 2010 (BIODIESELBR, 2010), gerando um total de 240 mil t de glicerina. No entanto, o consumo interno do país, atualmente gira em torno de 40 mil toneladas anuais (ABIQUIM, 2008). Para agravar este cenário, estima-se que no mundo cerca de 700 mil toneladas de glicerol por ano, já sejam considerados excedente de mercado (BIODIESELBR, 2008).

Os excedentes de glicerina derivada do biodiesel poderão levar a grandes reduções no preço, eliminando parte da produção de glicerina de outras fontes, hoje de 0,8 a 1,0 M t/ano. Buscam-se novas aplicações de grandes volumes para glicerina no mundo, e isto provavelmente se dará nos intermediários para plásticos, como o propanodiol - PDO, contudo não são soluções de curto prazo.

O Glicerol é produzido por via química ou fermentativa. Possui diversos usos, principalmente na indústria química. Os processos de produção são de baixa complexidade tecnológica.

Entre 1995-2003, os preços oscilaram entre US\$ 1.08/ lb e US\$ 0.60/ lb, com tendência, nos últimos anos, para US\$ 1.00/ lb.

As aplicações principais hoje são:

- Síntese de resinas, ésteres 18%
- Aplicações farmacêuticas 7%
- Uso em cosméticos 40%
- Uso alimentício 24%

- Outros 11%

A demanda cresce mais nos mercados de uso pessoal e higiene dental, e alimentos, onde o produto tem maior pureza e valor. Corresponde a 64% do total. Em alimentos, a demanda de glicerina e derivados cresce em 4% ao ano.

Em relação ao preço da Glicerina no projeto, o mesmo foi assumido como R\$1,60/kg, preço atual da Glicerina segundo o portal Biodiesel. De acordo com o apresentado acima a glicerina se encontra em um cenário turbulento onde seus preços sofrem grandes flutuações, para isto, neste projeto será mantido o valor de R\$1,60/kg constante para a projeção.

### 6.1.3 Habitantes do Bairro do Butantã

O Butantã, distrito da Zona Oeste de São Paulo, de acordo com censo realizado pela Fundação Saede em 2014, possuía no mesmo ano uma população de 54.170 habitantes com uma taxa anual de crescimento de 0,26%.

**Tabela 7 - Projeção Habitantes Butantã**

Taxa anual de Crescimento	-0,26%
Ano	População Butantã
2014	54.170
2018	53.609
2019	53.469
2020	53.330
2021	53.192
2022	53.053
2023	52.916
2024	52.778
2025	52.641
2026	52.504
2027	52.367
2028	52.231
2029	52.095
2030	51.960

Fonte: Autores (2018)

### 6.1.4 Participação da População no Programa

Para o desenvolvimento de uma estimativa da taxa de participação da população no programa de coleta seletiva proposto neste projeto utilizou-se como modelo o projeto PROL (Programa de Reciclagem do Óleo de Fritura), realizado em 2007 no bairro Cerqueira César, São Paulo, pela Sabesp junto à ONG trevo, com o objetivo

de reduzir o impacto da poluição nas águas e no solo, causado pelo descarte inadequado do óleo de fritura residual e gerar emprego e renda de maneira sustentável.

Figura 20 - Área de implantação - Projeto PROL



Fonte: SABESP (2007)

O PROL teve como metodologia a parceria com a Sociedade Amigos do Bairro, ONGs e patrocinadores. O programa consistia em disponibilizar recipientes para deposição do óleo em condomínios do bairro e a divulgação do projeto foi realizada por meio de Cartaz-Convite anexo as contas de água dos moradores da região e sua disseminação feita pela associação de moradores e pela SABESP, com o recolhimento do óleo e posterior destinação, principalmente para fabricação e comercialização de biodiesel, realizada pela ONG.

Em 2009 o projeto PROL entrou em fase de ampliação, assumindo um escritório regional, e ampliando a sua rede de coleta em parcerias com supermercados e com a USP (Universidade de São Paulo).

Com o objetivo de sensibilizar a população para não descartar óleo de cozinha usado nos esgotos sanitários ou direto no meio ambiente, e dar diretrizes

aos moradores de como e onde realizar o descarte correto de seu óleo de cozinha residual, o projeto visa utilizar de uma parceria com a SABESP, assim como a mesma já fez anteriormente com a empresa Ecóleo (SABESP, 2010), uma associação nacional pra o fomento da reciclagem do óleo de cozinha, onde em um esforço de mobilização, a SABESP circulou na ocasião, folheto acompanhado das contas de água, convidando a população a aderir à campanha. Sendo assim seria reproduzida esta mesma parceria com a SABESP e a Sociedade Amigos Moradores Butantã para divulgação do nosso projeto aos moradores do distrito e arredores.

Além disso também seria utilizado de uma parceria com a Prefeitura de São Paulo para veicular os panfletos também nas escolas públicas da região, adicionando assim o fator de educação ambiental para crianças e adolescentes, que poderiam também ser passados aos seus pais e outros familiares, aglomerando assim toda a cadeia populacional do distrito do Butantã, desde crianças até idosos, para uma maior eficiência do projeto.

A partir da escolha deste modelo de divulgação do projeto também se adotou os resultados desta divulgação a partir dos resultados do programa, divulgados em 2010. Para a realização dos cálculos do estudo de viabilidade e a sua projeção. Com a finalidade de gerar uma determinação quantitativa dos resultados do programa PROL o mesmo analisou e mapeou as ocorrências de desobstrução de coletor de esgotos e lavagem de rede coletora no bairro de Cerqueira César e a comparou com outras regiões, como grupo de controle.

**Tabela 8 - Resultados Programa PROL**

<b>Desobstruções</b>		
	<b>Cerqueira César</b>	<b>Região Controle</b>
<b>2008</b>	693	17.244
<b>2009</b>	608	17.129
<b>Variação</b>	<b>-12,3%</b>	<b>-0,7%</b>

**Fonte: SABESP (2007)**

No ano de 2016 a SABESP divulgou por meio de notícia em seu site o resultado da ampliação do PROL na região Central de São Paulo, onde afirmaram que no primeiro ano de programa houve redução de 12% nas intervenções do coletor de esgoto e após 2 anos, 26%.

Além dos dados levantados acima, um estudo da Ecóleo em 2016 levantou que apenas 10% do óleo de cozinha residual é recuperado na cidade de São Paulo.

Compilando as informações extraídas acima, propor-se uma estimativa de participação inicial da população no primeiro ano de operação da mini usina de 10%, como apresentado pela Ecóleo, e um crescimento de 12% desta participação no ano seguinte e um total de 20% após dois anos. Para este projeto se adotou como linear a taxa média de crescimento da participação da população no programa de coleta de óleo de 7,1% ao ano, a qual é a média de crescimento do programa PROL da Sabesp.

O aspecto mais importante da participação da população no programa de coleta de óleo é a educação ambiental, variável da qual este projeto não se atém, visto a sua impossibilidade técnica atual de quantificação da correlação com a coleta de óleo. A principal dificuldade no processo de logística reversa é a falta de conscientização e sensibilização por parte da população em geral, quanto aos problemas causados pelo despejo desse resíduo na natureza. Uma situação ideal seria aquela onde todos os envolvidos exercessem seu papel. Sendo que todos são fundamentais, o poder público deve garantir a existência e o cumprimento de leis; os produtores devem fazer o incentivo inicial e, junto ou não ao poder público, devem garantir a existência de unidades de recebimento (pontos de coleta), o transporte adequado, a divulgação necessária e a instrução aos consumidores (investimento em educação ambiental). Por sua vez o consumidor, precisa adquirir essa consciência ambiental, garantindo o retorno do produto/embalagem (SPERANZA, 2013).

A relação entre meio ambiente e educação para a cidadania assim um papel cada vez mais desafiador, demandando a emergência de novos saberes para apreender processos sociais que se complexificam e riscos ambientais que se intensificam (CANES, et. al., 2013). Na medida em que acontecer a participação consciente da população, ações concretas de transformação social ocorrerão, o que influenciará direta ou indiretamente, na transformação da realidade.

Nesse sentido, destaca-se que a educação ambiental assume cada vez mais uma função transformadora, na qual a co-responsabilização dos indivíduos torna-se um objetivo essencial para promover um novo tipo de desenvolvimento: o

sustentável (CANES, et. al., 2013). Dessa forma considerando que na execução de um programa de coleta seletiva, a compreensão e a colaboração da população são fundamentais.

#### **6.1.5 Determinação da Receita**

A partir da compilação e análise das informações e dados apresentados acima, pode-se realizar uma projeção da receita gerada e o Receita/L de óleo coletado, levando-se em conta que 5% do volume da glicerina é perdido no processo devido a evaporações, ou seja 85% do volume processado é biodiesel e 10% é glicerina.

**Tabela 9 - Planilha de Receita**

<b>Consumo de Óleo/Hab/ano</b>		<b>20</b>	
<b>Eficiencia Produção Biodiesel</b>		<b>85%</b>	
<b>Preço Glicerol / kg</b>	<b>R\$ 1,60</b>	<b>Preço Glicerol / L</b>	<b>R\$ 2,02</b>
<b>Densidade Glicerol g/cm<sup>3</sup></b>	<b>1,26</b>		

ano	Participação	População Participante	Óleo Recolhido (L)	Biodiesel Produzido (L)	Glicerol Produzido (L)	Preço Médio Biodiesel (R\$)	Preço Médio Glicerol (R\$)	Receita Total	Receita/l de Óleo
2018	10%	5.361	107.218	91.135	16.083	2.481,75	R\$ 2,41	258.596,51	R\$ 2,41
2019	11%	5.989	119.772	101.806	17.966	R\$ 2.506,57	R\$ 2,43	291.401,95	R\$ 2,43
2020	12%	6.400	127.993	108.794	19.199	R\$ 2.531,64	R\$ 2,45	314.131,96	R\$ 2,45
2021	13%	6.836	136.724	116.215	20.509	R\$ 2.556,95	R\$ 2,48	338.503,12	R\$ 2,48
2022	14%	7.303	146.051	124.143	21.908	R\$ 2.582,53	R\$ 2,50	364.768,94	R\$ 2,50
2023	15%	7.801	156.014	132.612	23.402	R\$ 2.608,36	R\$ 2,52	393.076,98	R\$ 2,52
2024	16%	8.333	166.656	141.658	24.998	R\$ 2.634,44	R\$ 2,54	423.586,29	R\$ 2,54
2025	17%	8.901	178.025	151.321	26.704	R\$ 2.660,79	R\$ 2,56	456.468,38	R\$ 2,56
2026	18%	9.508	190.169	161.643	28.525	R\$ 2.687,40	R\$ 2,59	491.908,10	R\$ 2,59
2027	19%	10.157	203.141	172.670	30.471	R\$ 2.714,28	R\$ 2,61	530.104,75	R\$ 2,61
2028	21%	10.850	216.999	184.449	32.550	R\$ 2.741,43	R\$ 2,63	571.273,15	R\$ 2,63
2029	22%	11.590	231.301	197.031	34.770	R\$ 2.768,84	R\$ 2,66	615.644,94	R\$ 2,66
2030	24%	12.381	247.614	210.472	37.142	R\$ 2.796,54	R\$ 2,68	663.469,78	R\$ 2,68

## 6.2 Análise dos Custos Gerados

### 6.2.1 Custo de Divulgação

Para a divulgação do projeto a fim de incentivar os moradores do bairro do Butantã este projeto consiste em enviar um folheto acompanhado das contas de água e também a veiculação destes folhetos nas escolas públicas da região em parceria com a SABESP e a Prefeitura de São Paulo respectivamente.

Os custos desta etapa são referentes apenas a impressão dos folhetos, sendo assim, baseado em dados do censo demográfico de 2010 realizado pelo IBGE, onde o mesmo aponta que o número de moradores por domicílio do bairro do Butantã é de 3,47, e dividindo este dado pelo número de habitantes podemos obter o número de domicílios aos quais seriam enviados os panfletos.

Além dos domicílios, também serão veiculados os panfletos a todos os estudantes do ensino público do bairro. De acordo com dados da Secretaria Municipal de Educação/PMSP, de 2004, 13,7% dos habitantes do bairro Butantã são estudantes da rede de escola pública, nas quais se somam CEIs (Centro de Educação Integrada) diretos, indiretos, conveniados, escolas de ensino infantil, fundamental, de educação de jovens e adultos, educação especial, fundamental e médio.

Em relação a frequência de veiculação dos panfletos, para este projeto foi adotado uma veiculação de 3 vezes ao ano de operação da mini usina, ou seja, a cada 4 meses.

**Tabela 10 - Panfletos enviados para Divulgação**

Ano	População Butantã	Número de Domicílios	Estudantes	Total de Panfletos/Ano
2018	53.609	15.449	7.336	68.357
2019	53.469	15.409	7.317	68.179
2020	53.330	15.369	7.298	68.002
2021	53.192	15.329	7.279	67.825
2022	53.053	15.289	7.260	67.649
2023	52.916	15.249	7.242	67.473
2024	52.778	15.210	7.223	67.297
2025	52.641	15.170	7.204	67.123
2026	52.504	15.131	7.185	66.948
2027	52.367	15.091	7.167	66.774
2028	52.231	15.052	7.148	66.600
2029	52.095	15.013	7.129	66.427
2030	51.960	14.974	7.111	66.254

**Fonte: Autores (2018)**

De acordo com orçamentos obtidos em pesquisa no site Mercado Livre, a impressão na faixa de quantidade de 70.000 panfletos de 10x4cm é de R\$1.200,00, valor adotado a ser gasto anualmente com a divulgação do projeto.

### **6.2.2 Logística**

#### **6.2.2.1 Pontos de Entrega Voluntária (PEV's)**

Essa forma de coleta em pontos de entrega voluntária utiliza bombonas colocados em pontos estratégicos fixos na cidade onde a população espontaneamente deposita os materiais recicláveis (LEITE, 2003).

A Prefeitura, através da Secretaria de Serviços e a Autoridade Municipal de Limpeza Urbana (Amlurb), disponibiliza pela cidade Pontos de Entrega Voluntária (PEV's) para a população depositar materiais recicláveis. Esses equipamentos incentivam a separação do material para reciclagem e a entrega voluntária. Os PEV's são instalados em locais com grande fluxo e de fácil acesso ao público.

Todos eles são adesivados com informações do que pode e o que não pode ser depositado nestes equipamentos. Normalmente os PEV's ficam em Ecopontos, parques, postos de gasolina e áreas públicas, sempre em locais que não atrapalhem o fluxo viário e de pedestres.

Todo o material reciclável depositado nos PEV's são coletados pelas empresas que fazem a limpeza pública da cidade e encaminhados para as Centrais de Triagem municipais, onde operam cooperativas conveniadas à Prefeitura, que separam e revendem o material, gerando renda aos cooperados. A frequência da coleta varia de acordo com o local de instalação do PEV e sua demanda. (Prefeitura de São Paulo, 2015).

### **6.2.3 Pontos de Coleta**

Tendo em vista que os PEV's são espaços públicos criados pelas prefeituras, e considerando o escopo do projeto, será necessária uma parceira junto a prefeitura em certos pontos já existentes no bairro do Butantã. Porém, visando maior eficiência e menor burocratização do processo logístico, os novos pontos de coleta propostos devem ser realizados com parcerias com os estabelecimentos, escolas e faculdades que se deseja implementar um ponto de coleta.

Tal forma de coleta será feito por meio do uso de bombonas em pontos determinados e estratégicos, são pontos fixos no bairro Butantã onde as pessoas espontaneamente depositam o óleo residual de fritura.

Para abranger todas as regiões do bairro Butantã, para que hajam pontos distribuídos de uma maneira mais igual, foram selecionados 22 pontos de coleta, levando em consideração alguns fatores, sendo eles:

- Fluxo de pessoas.
- Horário de funcionamento.
- Facilidade de acesso.
- Localização.

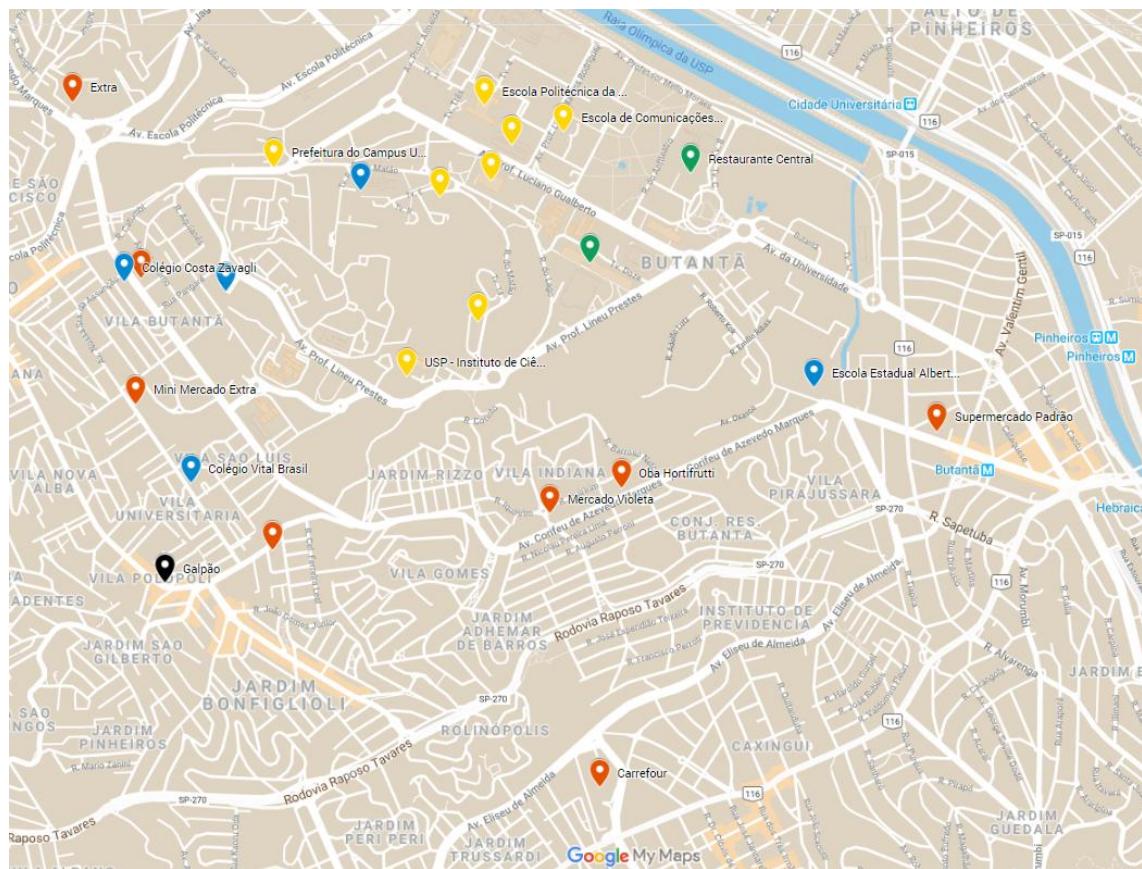
Uma questão de ampla importância para o funcionamento do processo logístico é a integração com os supermercados, para isso selecionamos oito mercados distribuídos pelo bairro Butantã. Com isso temos a realização de logística reversa com os supermercados.

Após levantamento dos estabelecimentos no bairro Butantã, foram escolhidos 22 pontos de coleta, espalhados de modo que abrangessem de uma maneira uniformemente distribuída, próxima de centros habitacionais e locais de grande fluxo de pessoas, são eles:

1. Supermercado Padrão, Av. Vital Brasil, 652.
2. Roldão Atacadista, Av. Corifeu de Azevedo Marques, 3672.
3. Oba Hortifruti, Av. Corifeu de Azevedo Marques, 1000.
4. Supermercado Extra, Av. Corifeu de Azevedo Marques, 4160.
5. Carrefour Hipermercado, Av. Prof. Francisco Morato, 2718.
6. Mini Mercado Extra, Av. Nossa Sra. Da Assunção, 868.
7. Mercado Violeta, R. Boturoca, 60.
8. Dia Supermercado, R. Manuel Alonso Esteves, 21.
9. Escola Estadual Alberto Torres, Av. Vital Brasil, 1260 .
10. Colégio Vital Brazil, Av. Nossa Sra. Da Assunção, 438.

11. Restaurante Central, Praça do Relógio Solar, 300.
12. Restaurante das Químicas, Instituto de Químicas – Av. Prof. Lineu Prestes, 748.
13. Colégio Costa Zavagli, R. Dr. Artur Neiva, 400.
14. Prefeitura do Campus USP, Av. Prof. Almeida Prado, 1280.
15. Instituto de Ciências Biomédicas USP, Av. Prof. Lineu Prestes, 1730.
16. Instituto de Biociências USP, R. do Matão, 14.
17. Instituto Oceanográfico da USP, Praça do Oceanográfico, 191.
18. Escola de Comunicações e Artes USP, Av. Prof. Lúcio Martins Rodrigues, 443.
19. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo USP, R. do Lago, 876.
20. Escola Politécnica USP, Av. Prof. Luciano Gualberto, 380.
21. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade USP, Av. Prof. Luciano Gualberto, 908.
22. Hospital Universitário USP, Av. Prof. Lineu Prestes, 2565.

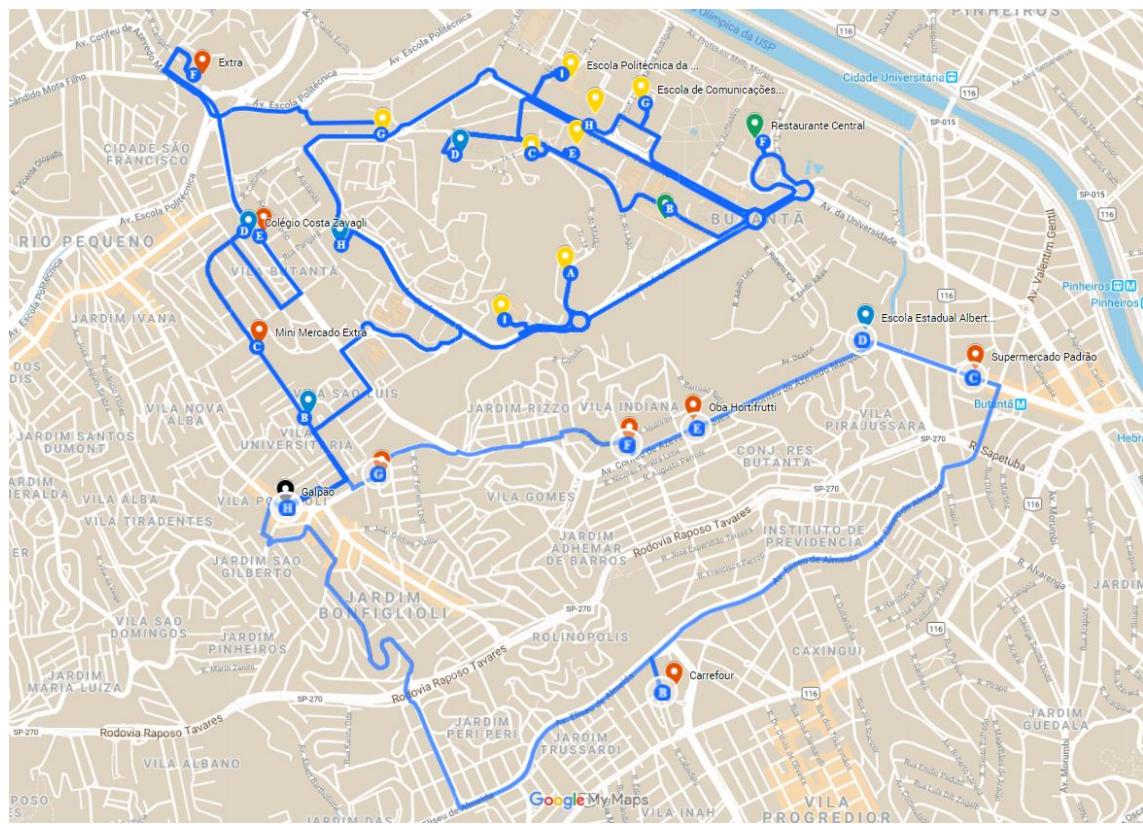
**Figura 21 - Pontos de Coleta**



Fonte: Autores (2018)

O mapa dos pontos de coleta foi realizado com auxílio da ferramenta de mapas do Google, criando um mapa personalizado disponível online.

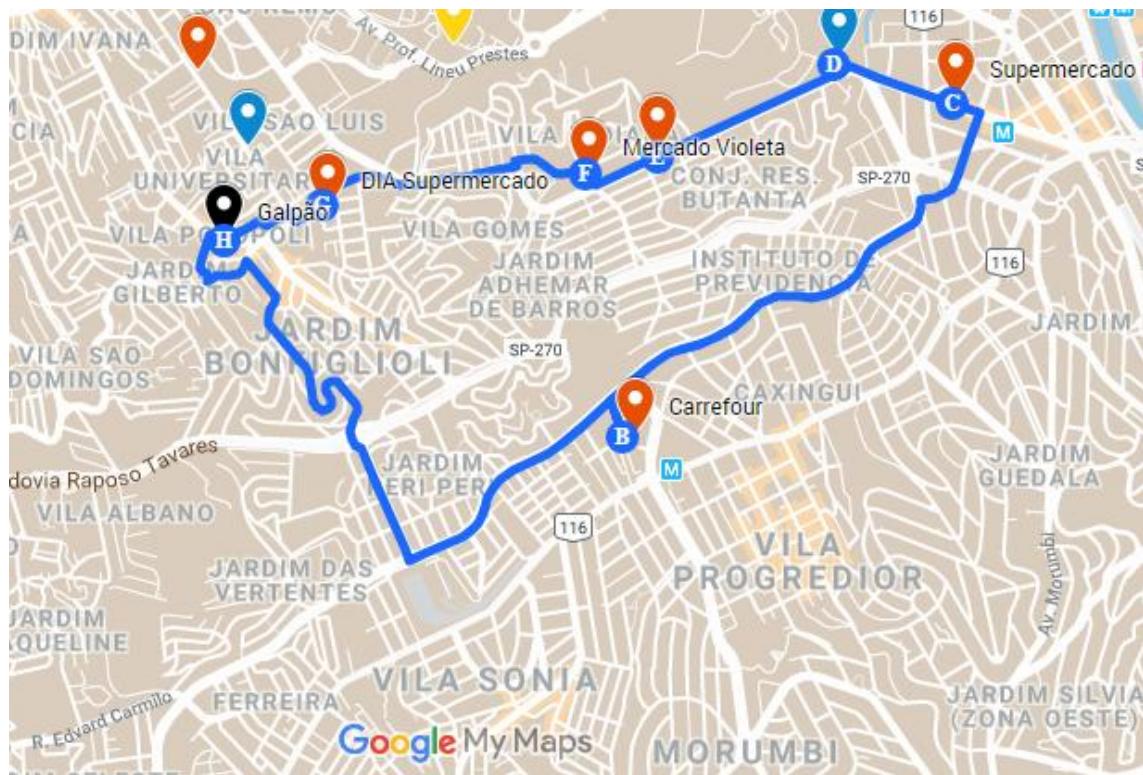
**Figura 22 - Rotas de Coleta**



Fonte: Autores (2018)

Este mapa nos mostra uma visão geral das rotas de coleta, sugeridas como ótimas e mais rápidas pelo sistema de navegação do Google Maps.

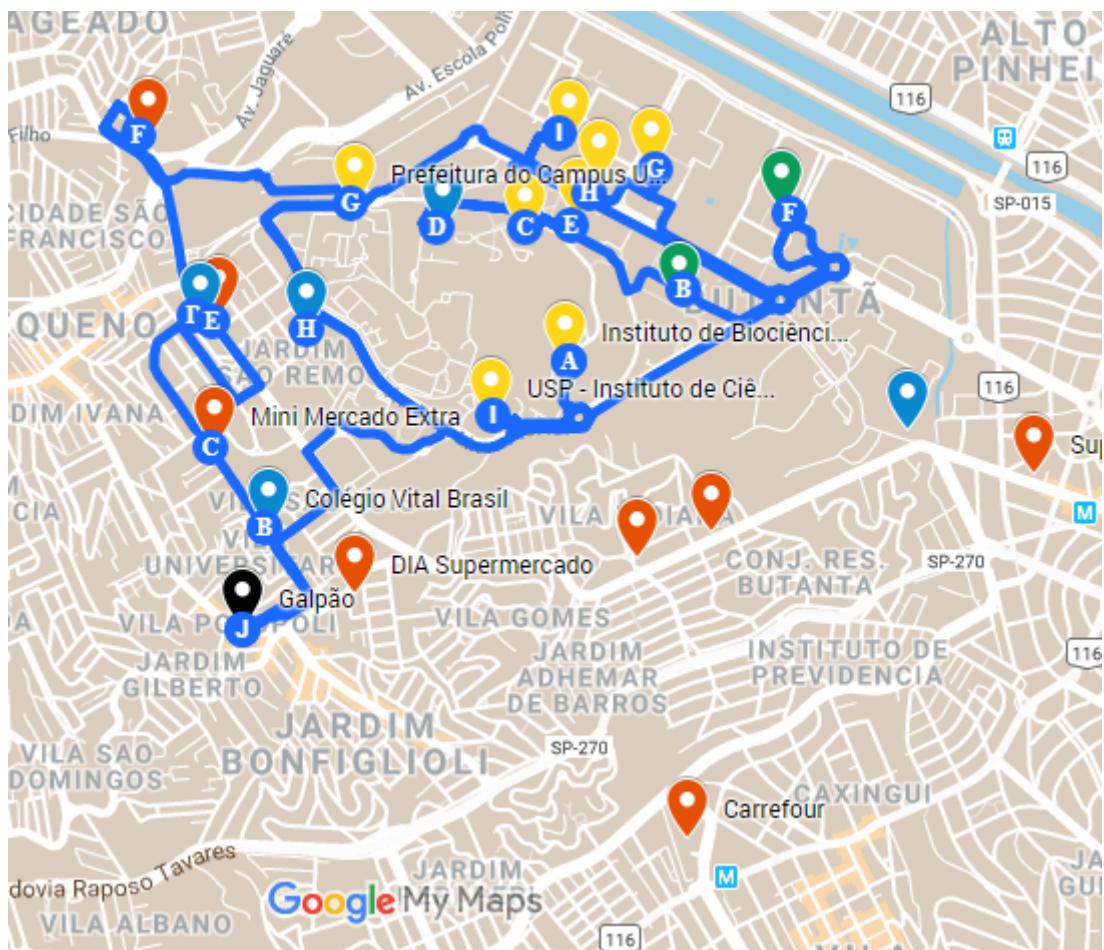
**Figura 23 - Mapa da Rota 1**



Fonte: Autores (2018)

Acima temos uma visão apenas referente à rota 1, onde se inicia em um possível local de instalação da usina de biodiesel.

**Figura 24 - Mapa da Rota 2**



Fonte: Autores (2018)

Acima temos uma visão apenas referente à rota 2, onde se inicia e termina em um possível local de instalação da usina de biodiesel, passando por diversos locais que se encontram na maioria na Universidade de São Paulo.

## 6.2.4 Custos de operação logística - Parâmetros estimados

Para estimação dos custos de operação é necessário considerar quantos participantes do projeto idealizado serão, tendo em vista o capítulo 6 ANÁLISE de VIABILIDADE DO PROJETO deste mesmo trabalho, calculou-se quantas bombonas de 50L serão necessárias por ponto de coleta, levando em consideração o item IV do capítulo 6 onde foi previsto a participação em comparação com o programa PROL realizado pela SABESP, que foi de 10% no primeiro ano.

### 6.2.5 Estimativa de bombonas - Cálculo para 2019

Com esta estimativa, temos para o ano de 2019 a seguinte tabela da quantidade de bombonas por ponto de coleta, totalizando 22 pontos de coleta.

**Tabela 11 - Estimativa de Bombonas por ponto de coleta para 2019**

	Quantidade	Média por ponto de coleta	Unidade
Habitantes	53.609	2.437	hab
Participantes do projeto	5.361	244	hab
Óleo recolhido	107.218	4.874	L/ano
Óleo recolhido per capita	2	0,1	L/ano/hab
Volume recolhido diário	298	14	L/dia
Volume recolhido semanal	2.085	95	L/semana
Nº Bombonas 50L	44	2	-

**Fonte: Autores (2018)**

Desta forma, podemos realizar a coleta semanalmente, os pontos que ultrapassarem a média estimada do volume recolhido, deverá ser feita uma coleta com frequência maior do que semanalmente.

Foi feito o levantamento de preços de cada bombona individualmente, chegou-se ao valor ótimo de R\$104 por unidade, levantamento feito via contato com a empresa “Schuetz Vasitex”.

**Figura 25 - Bombonas para acondicionamento do resíduo óleo de cozinha usado**



**Fonte: Autores (2018)**

**Figura 26 - Estrutura instalada nos PEV's**



Fonte: Prefeitura de São Paulo (2016)

#### **6.2.6 Estimativa de bombonas – Cálculo para 2030**

Calculando o período de 2019 a 2030, temos previsão do crescimento da participação da população ao projeto, portanto com o passar dos anos aumentará significativamente a coleta de óleo de fritura residual, então a previsão é que será necessário dobrar a quantidade de bombonas em cada ponto até 2030.

**Tabela 12 -Estimativa de Bombonas por ponto de coleta período 2030**

	Quantidade	Média por ponto de coleta	Unidade
Habitantes	51.960	2.362	hab
Participantes do projeto	12.381	563	hab
Óleo recolhido	247.614	11.255	L/ano
Óleo recolhido per capita	5	0,2	L/ano/hab
Volume recolhido diário	678	31	L/dia
Volume recolhido semanal	4.749	216	L/semana
Nº Bombonas 50L	110	5	-

Fonte: Autores (2018)

A estimativa da quantidade de óleo de fritura residual recolhido por dia em cada ponto de coleta é uma mera projeção, pois será necessário principalmente de dados empíricos após o início do projeto, após experimentação na prática será possível otimizar o processo, a utilização de bombonas por ponto de coleta e a quantidade de óleo recolhido para transformação em Biodiesel.

Considera-se para a realização deste projeto que a princípio a quantidade de pontos de coleta será fixada em 22, porém entende-se como uma possibilidade de aumento ao decorrer do tempo e sucesso do programa, ao considerar a quantidade de pontos de coleta constante, temos a projeção apresentada na tabela a seguir da

quantidade de bombonas necessárias por ponto de coleta. Ao analisarmos tais valores, entende-se a necessidade de aumentar a frequência de coleta, ao invés de semanalmente para coleta a cada 6 dias a partir de 2019, 5 dias a partir de 2020, 4 dias a partir de 2024 e 3 dias a partir de 2027.

**Tabela 13 - Projeção do número de bombonas por ponto de coleta**

Ano	População Participante	Óleo Recolhido (L)	Óleo coletado por ponto (L)	Quantidade de bombonas por ponto	Frequência de coleta por semana
2018	5.361	107.218	93	2	1,0
2019	5.989	119.772	89	2	1,2
2020	6.400	127.993	96	2	1,4
2021	6.836	136.724	85	2	1,4
2022	7.303	146.051	91	2	1,4
2023	7.801	156.014	97	2	1,4
2024	8.333	166.656	83	2	1,8
2025	8.901	178.025	89	2	1,8
2026	9.508	190.169	95	2	1,8
2027	10.157	203.141	76	2	2,3
2028	10.850	216.999	81	2	2,3
2029	11.590	231.801	87	2	2,3
2030	12.381	247.614	93	2	2,3

**Fonte: Autores (2018)**

### **6.2.7 Custos de Transporte e Coleta**

Para fazer a coleta do óleo, um automóvel irá aos pontos de coleta com um tanque de armazenamento de 1000L no baú do veículo, despejando o óleo de fritura das bombonas localizadas nos pontos estratégicos. Após a devida rota ter sido percorrida o veículo retorna para a usina, que por sua vez armazenará o líquido. Completando as rotas de coleta semanalmente a usina tem seu funcionamento garantido.

Após levantamento de preço do produto “*Intermediate Bulk Container*” (IBC), reservatório gradeado Capacidade 1.000 Litros, chegamos ao produto com preço mais competitivo sendo de R\$1.189,00 e negociado pela empresa “Seu Posto”.

**Figura 27 - Tanque de armazenamento de 1000L**



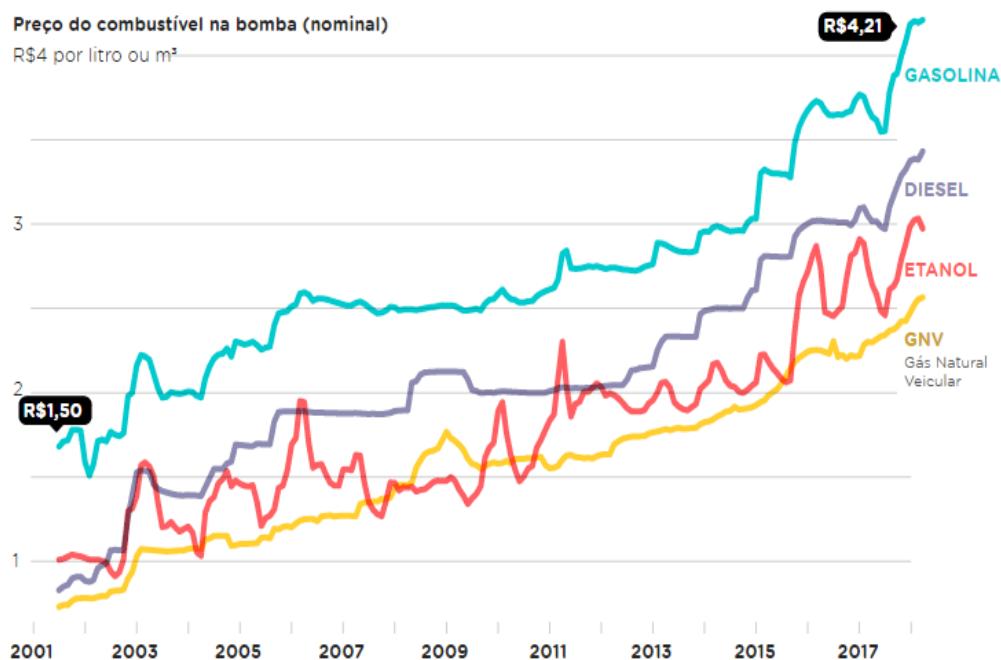
**Fonte: “Seu Posto” (2016)**

A partir das duas rotas de coleta, temos uma distância percorrida semanalmente de 36 quilômetros por rota, totalizando 72 quilômetros. O veículo fará uma rota de cada vez, enchendo o reservatório ICB de 1000 litros localizado no baú do veículo de transporte.

Para a determinação do preço de transporte e coleta do óleo coletado, foram obtidos dados sobre o preço da gasolina e sua variação, o preço do veículo, o custo de manutenção, a eficiência em km/L e o dado já apresentado de distância percorrida semanalmente.

Em relação ao preço da gasolina, de acordo com dados da ANP em 2018, o preço médio da gasolina passou de R\$1,50 para R\$4,21 de 2001 a 2018, ou seja, um crescimento percentual médio de 6,26% ao ano, valor adotado para a projeção deste estudo de viabilidade. Tal valor pode ser tomado de caráter conservador, devido a tendência mundial de redução da utilização de combustíveis fosseis, ou seja, o valor de 6,26% pode sofrer grandes aumentos ao longo dos anos, sendo assim não é possível determinar a sua variação devido aos inúmeros fatores que podem alterá-lo.

**Figura 28 - Preço de combustíveis referente ao período entre 2001 e 2018**



Fonte: ABIOVE (2018)

Para este projeto optou-se pelo modelo 0km Fiorino, da marca Fiat, devido ao seu tamanho e espaço, ao qual possui um valor de mercado, de acordo com a própria Fiat, de R\$60.000,00 e uma eficiência de 11 km/L de gasolina. A sua manutenção pôde ser calculada de acordo com dados apresentados por Reinaldo Domingos, presidente da DSOP Financeira, onde o mesmo afirma que o custo de manutenção de um veículo no Brasil gira em torno de 3% ao ano.

A partir da compilação destes dados podemos determinar os custos anuais de transporte do óleo de fritura coletado.

**Tabela 14 - Gastos com veículo de transporte e coleta**

<b>Tx de Crescimento Anual/L Gasolina</b>	6,26%
<b>Km Percorridos / 1 Semana</b>	72
<b>Eficiência do Veículo [L/km]</b>	11
<b>Semanas no Ano</b>	52,1429
<b>Preço Fiorino 0km</b>	R\$ 60.000,00
<b>Manutenção Anual</b>	3%

Fonte: Autores (2018)

De acordo com a tabela acima, teremos um aumento na frequência de coleta por semana, ou seja, aumentará a quantidade de quilômetros percorridos

semanalmente, portanto aumentará os gastos com gasolina para coleta, como observado na tabela a seguir.

**Tabela 15 - Evolução dos gastos com veículo de coleta até 2030**

Ano	Preço/L Gasolina	Gasto Anual Gasolina	Manutenção do Carro	Custo de Transporte
<b>2018</b>	R\$ 4,21	R\$ 1.437,19	R\$ 1.800,00	<b>R\$ 3.237,19</b>
<b>2019</b>	R\$ 4,47	R\$ 1.527,15	R\$ 1.800,00	<b>R\$ 3.327,15</b>
<b>2020</b>	R\$ 4,75	R\$ 1.622,75	R\$ 1.800,00	<b>R\$ 3.422,75</b>
<b>2021</b>	R\$ 5,05	R\$ 1.724,34	R\$ 1.800,00	<b>R\$ 3.524,34</b>
<b>2022</b>	R\$ 5,37	R\$ 1.832,28	R\$ 1.800,00	<b>R\$ 3.632,28</b>
<b>2023</b>	R\$ 5,70	R\$ 1.946,98	R\$ 1.800,00	<b>R\$ 3.746,98</b>
<b>2024</b>	R\$ 6,06	R\$ 2.068,86	R\$ 1.800,00	<b>R\$ 3.868,86</b>
<b>2025</b>	R\$ 6,44	R\$ 2.198,37	R\$ 1.800,00	<b>R\$ 3.998,37</b>
<b>2026</b>	R\$ 6,84	R\$ 2.335,99	R\$ 1.800,00	<b>R\$ 4.135,99</b>
<b>2027</b>	R\$ 7,27	R\$ 2.482,23	R\$ 1.800,00	<b>R\$ 4.282,23</b>
<b>2028</b>	R\$ 7,73	R\$ 2.637,61	R\$ 1.800,00	<b>R\$ 4.437,61</b>
<b>2029</b>	R\$ 8,21	R\$ 2.802,73	R\$ 1.800,00	<b>R\$ 4.602,73</b>
<b>2030</b>	R\$ 8,73	R\$ 2.978,18	R\$ 1.800,00	<b>R\$ 4.778,18</b>

Fonte: Autores (2018)

### 6.2.8 Usina de biodiesel

O local necessário para instalação da usina seria um galpão com área útil menor do que 400m<sup>2</sup>, localizado no Butantã, bairro da cidade de São Paulo, para reduzir custos de transporte e o aluguel cotado na região que atende tais condições de espaço necessário gira em torno de R\$3.500 a R\$7.000, respectiva a área do galpão de acordo com o portal de anúncio de imóveis Viva Real.

### 6.2.9 Investimento Inicial – Coleta e Transporte

Entende-se por gastos iniciais, o montante a ser investido inicialmente, antes que haja execução da operação em si, de acordo com a tabela abaixo existem os seguintes gastos. A necessidade de 3 reservatórios IBC de 1000 litros dá-se, pois serão necessários 2 reservatórios localizados na usina para armazenagem e 1 para coleta. Será necessário 44 bombonas considerando o ano de 2019.

**Tabela 16 - Custos necessários para investir inicialmente no projeto**

	Valor	Unidade
Reservatório 1000L	3567	R\$
Veículo	60000	R\$
Total	63567	R\$

Fonte: Autores (2018)

### 6.2.10 Produção do Biodiesel

Para entender melhor o processo de transformação do óleo residual de fritura em biodiesel, assim como suas dificuldades e suas fases da reação, foi realizado um experimento da reação de transesterificação no Laboratório de Desenvolvimento de Biocombustíveis do Instituto de Energia e Ambiente da USP (IEE). Foi utilizado óleo residual de fritura proveniente de uma única fritura, ou seja, com boa qualidade, metanol e hidróxido de potássio (KOH) como catalisador. Os materiais utilizados, como o aquecedor e o agitador, estão representados na figura a seguir.

**Figura 29 - Materiais do Laboratório**



**Fonte: Autores (2018)**

Com o auxílio dos técnicos do laboratório, foram aquecidos 50 ml do óleo a uma temperatura de 60°C antes de adicionar uma solução formada por 0,11 g de

hidróxido de potássio em 12 ml de metanol. A reação ocorreu em temperatura controlada na faixa de entrada de 55°C e 60°C por 40 minutos. A amostra transesterificada foi colocada em um funil de separação para decantação, onde ficou por 12 horas para identificação das fases de biodiesel e glicerina.

**Figura 30 - Início da Decantação da Mistura**



**Fonte: Autores (2018)**

A separação do biodiesel foi feita após drenar toda a parte inferior da amostra, contendo glicerina, parte de catalisador e metanol em excesso. A partir da reação de 50 ml de óleo de fritura com 12 ml de metanol, foram obtidos 46 ml de biodiesel e 5 ml de glicerina, obtendo uma taxa de conversão de 92%.

**Figura 31 - Final da Decantação – Identificação das Fases**



**Fonte: Autores (2018)**

Para conhecer a razão molar desse caso, é necessário, primeiramente, conhecer as massas dos reagentes. Assim, o óleo residual foi pesado e obteve-se uma massa de 46,45 g, passando para mols a partir da Massa Molar do Triacilglicerol de 854 g/mol, chega-se a 0,053 mols. Já para o metanol, optou-se por estimar a massa a partir da densidade, sendo igual a 792 g/L, ou 0,792 g/ml, obtendo uma massa de 9,504 g, e, conhecendo a Massa Molar do metanol (32 g/mol), passando para número de mols, chega-se a um valor de 0,297 mols. Logo, a razão molar desse experimento foi da ordem de 1:5,6. Infelizmente, o Laboratório não dispunha de material de análise da qualidade do biodiesel produzido, mas aparentemente, e, segundo os próprios técnicos, a reação ocorreu do modo

esperado, apresentando uma boa aparência, divisão nítida das fases leve e pesada, além de ter uma viscosidade bem menor do que da matéria prima utilizada.

Como foi visto na Figura 4 da seção 7, a reação de transesterificação ocorre em uma proporção de 1 mol de óleo (triacilglicerol) para 3 mols de álcool na presença de catalisador. No entanto, essa proporção não é praticada nos processos industriais e estudos científicos, em geral adota-se a utilização de álcool em excesso, a fim de garantir o rendimento da reação. Uma relação estequiométrica entre o número de mols de óleo e de álcool comumente usada nas usinas de biodiesel é de 1:6 (COSTA et al, 2000).

De modo consensual, optou-se por utilizar os valores de reação a partir dos dados da literatura para os quais será empregada para os cálculos de custos variáveis de produção do biodiesel. Assim, a razão molar entre o óleo de fritura e o metanol foi 1:6, e a quantidade de catalisador será da ordem de 0,8 a 1,5 % da massa de óleo (COSTA et al, 2000).

Como foi visto o rendimento estimado de conversão do óleo de fritura para biodiesel é da ordem de 90%, podendo chegar a valores superiores como o do experimento. No entanto, a matéria prima não possuía resíduos de alimentos e fora usada apenas uma vez. Logo, optou-se por um valor de 85% de conversão, mais conservador, para efeitos de cálculos e dimensionamentos (PARENTE, 2003).

A partir dos dados colhidos, das considerações levantadas em relação à participação da população e do consumo de óleo, é possível estimar as quantidades de reagentes necessários e de produtos de saída. Primeiramente, os resultados serão baseados em uma coleta de início de plano, em que a entrada de matéria prima será de 430 litros de óleo residual por dia, considerando os dias uteis de operação. Esse valor foi apresentado na Tabela 9 para o ano de 2018. Com os valores de densidade, estimada a partir do experimento no IEE, e do volume de óleo coletado, é obtido uma massa de 395,6 kg de óleo, que corresponde a 463,2 mols. Desse modo seriam necessários 2779,2 mols de metanol. A partir da massa molar e da densidade do metanol, chega-se ao volume diário necessário para cobrir a demanda da usina, sendo 112,3 litros. Para estimar a quantidade a ser utilizada de catalisador, recorreu-se a valores da literatura, pois o mesmo depende da presença de ácidos Graxos Livres no óleo residual. Como o material será coletado de

diversos pontos e possuindo diferentes características fica inviável realizar uma estimativa precisa, logo, optou-se por uma porcentagem de massa de catalisador (KOH) de 1,5% da massa de óleo residual, por ser um dos maiores percentuais encontrados na literatura (COSTA et al, 2000). Assim, a quantidade necessária de hidróxido de potássio é de 5,9 kg por dia. A porcentagem de produção de glicerina na reação de transesterificação é em torno de 10% do volume de óleo de entrada (PARENTE, 2003). Esse valor também foi notado durante o experimento realizado, e será empregado nesse estudo.

**Tabela 17 - Propriedades físico-químicas dos reagentes e produtos**

	Densidade (g/ml)	Massa Molar (g/mol)	Volume de Reação (L)	Massa de Reação (kg)
Óleo de Fritura (Triacilglicerol)	0,92	854	430,0	395,6
Metanol	0,792	32	112,3	88,9
Hidróxido de Potássio	2,12	56	2,8	5,9
Biodiesel	0,87	286	365,5	318,0
Glicerina	1,26	92	43,0	54,2

**Fonte: Autores (2018)**

A partir desses valores é possível realizar a estimativa dos custos variáveis de produção do biodiesel. Serão aplicadas as taxas de variação da população e de participação da coleta, assim como suas variações temporais, no cálculo das quantidades anuais de produtos. Para esse caso, foram escolhidos os preços médios de reagentes e catalisadores a partir da consulta de alguns fornecedores especializados.

#### **6.2.11 Investimento Inicial – Produção de Biodiesel**

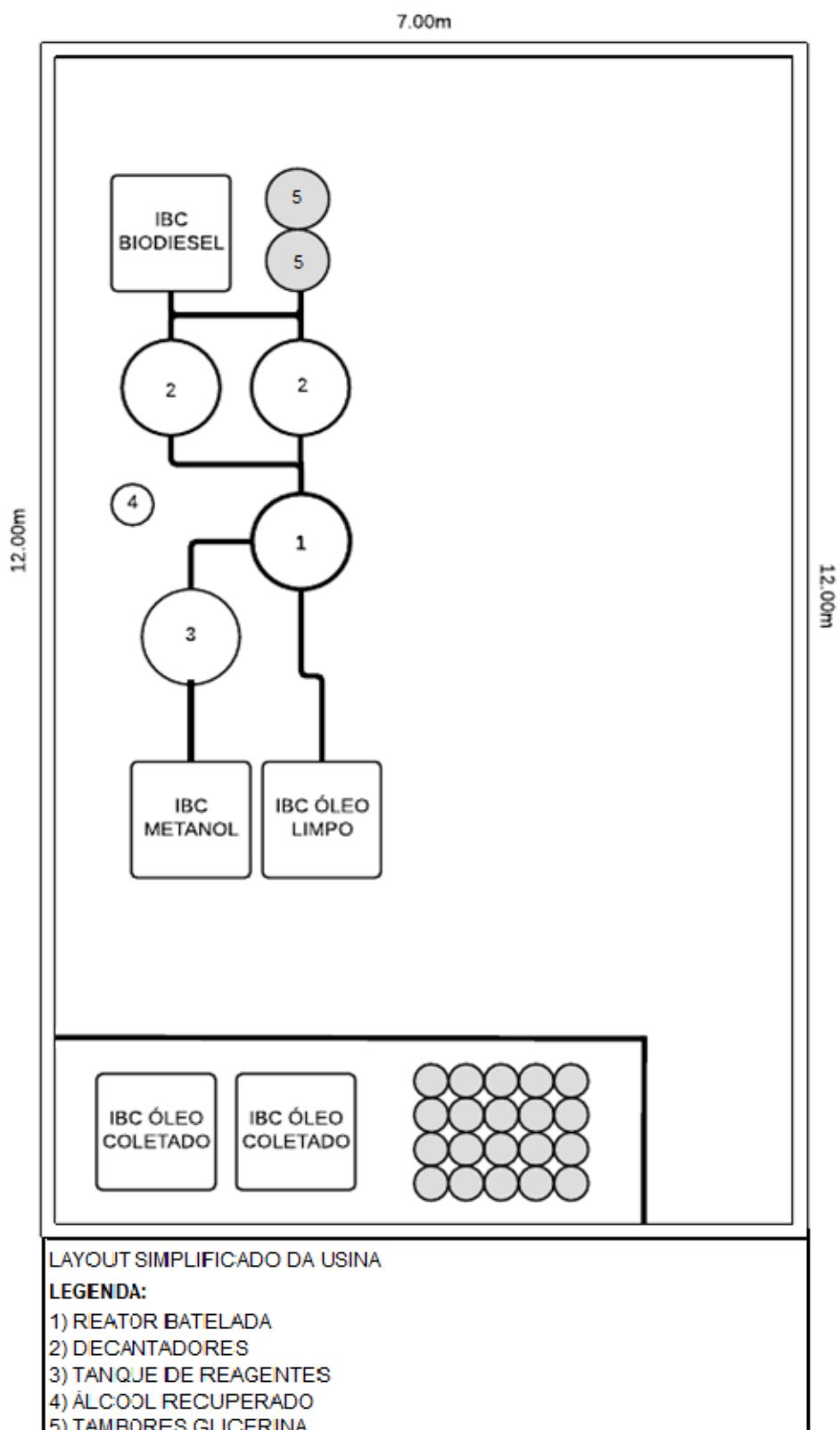
A considerar o crescimento de participação da população do bairro com a coleta do óleo de fritura, a planta piloto da usina será dimensionada para uma produção futura. Desse modo, foi estimado um valor em torno de 1000L a fim de atender ao final de plano do projeto de 2030, de óleo por dia, assim os

equipamentos e componentes a serem utilizados na usina deverão atender a essa demanda, os mesmos a serem listados a seguir:

- 1 reator batelada de 250 litros com aquecimento e agitador mecânico (cada batelada tem duração de uma hora, a ser utilizada por oito horas/dia)
- 1 tanque de preparação de reagentes (álcool e catalisador básico) com agitador mecânico
- 1 sistema de filtro de óleo residual
- 1 quadro elétrico de 220V trifásico
- 2 tanques de decantação, 500 litros cada (a decantação leva em torno de 12 horas)
- 1 reservatório de álcool recuperado
- Sistema de lavagem do biodiesel nos tanques de decantação
- Bombas e tubulações para:
  - Dosagem de óleo residual;
  - Dosagem de metanol;
  - Dosagem de catalisador;
  - Transferência de biodiesel;
  - Transferência de glicerina.
- 3 reservatórios IBCs de 1000 litros:
  - 1 para armazenamento de óleo residual;
  - 1 para armazenamento biodiesel;
  - 1 para armazenamento de metanol.
- 2 tambores de 200 litros para armazenamento de glicerina
- Caixa de ferramentas
- Equipamentos de Proteção Individual (EPI)

A figura a seguir representa uma planta simplificada da usina, dos componentes necessários e vias de acesso. Com isso foi possível estimar a área de instalação necessária e alocar o local de maneira a otimizar os processos da usina.

Figura 32 - Planta da Mini Usina



Fonte: Autores (2018)

A considerar as necessidades e a capacidade de produção da mini usina foi feito o levantamento do valor a ser investido para aquisição da usina completa e dos itens já mencionados junto a fornecedores especializados.

**Tabela 18 - Investimento Inicial**

	Quantidade	Valores (R\$/Unidade)	Valor Total (R\$)
Mini Usina	1	50.000,00	50.000,00
IBC 1000L	3	1.189,00	3.567,00
Bombonas 200 L	2	150,00	300,00
Caixa de Ferramentas	1	200,00	200,00
EPI	2	50,00	100,00
<b>Total</b>			<b>54.167,00</b>

**Fonte: Autores (2018)**

O capital a ser investido na usina foi determinado após análise da literatura e portais especializados como o BiodieselBR e o Planeta do Biodiesel, além da comparação com cotações de fornecedores. As bombonas, ou tambores de plástico, de 200 L foram orçadas na empresa “Schuetz Vasitex”. Os materiais auxiliares como EPIs e a caixa de ferramentas foram cotados em portais de venda.

#### **6.2.12 Custos Fixos e Custos Variáveis da Produção**

As despesas de produção da mini usina podem ser divididas em custos fixos e custos variáveis, em que os últimos serão representados em função de unidade volumétrica de óleo residual, no caso, R\$/L de óleo, para posterior compilação e análise anual dos custos. Entre os gastos fixos, que não dependem da produção de biodiesel, há os salários dos funcionários e energia elétrica. Segundo especificações dos fornecedores, são necessários dois funcionários por turno para operar a usina, admitindo um salário mensal de R\$ 2.125,00 para cada, conforme consulta da faixa salarial para operadores de máquinas desse porte no Banco Nacional de Empregos e Salários, multiplicando por um fator de 1,5 para correção dos encargos trabalhistas, obtém-se R\$ 3.187,50. Como a usina irá operar em um período de oito

horas por dia, apenas variando a quantidade de biodiesel a ser produzida, a energia consumida foi considerada como um custo fixo, sendo calculada conforme o total de horas do mês, a saber, com potência nominal de 2000 W. Esses custos foram totalizados no ano para depois serem normalizados e entrarem nos custos em reais por litro de óleo residual processado.

**Tabela 19 - Custos Fixos**

	Unidades	Valores (R\$/Unidade)	Quantidade Mensal	Total (R\$)
Funcionários	Nº	3.187,50	2,0	6.375,00
Energia Elétrica	kWh	0,60	336,0	202,20
<b>Total</b>				<b>6.577,20</b>
<b>Total Anual (com 13º)</b>				<b>83.077,20</b>

**Fonte: Autores (2018)**

No preço do kWh já estão consideradas o valor do uso da rede de distribuição e a tarifa de energia, totalizando um valor aproximado de R\$ 0,60/kWh (ELEKTRO, 2018)

Já os custos variáveis são aqueles que variam conforme a produção da usina, sendo de grande importância para o planejamento desse empreendimento tendo em vista a variabilidade que poderá sofrer, seja pelo crescimento da população ou pelo crescimento de participação dos moradores do bairro no sistema de coleta. Os custos variáveis consistem na compra de reagentes, de catalisadores e no investimento em manutenção. Os reagentes e catalisadores, metanol anidro e hidróxido de potássio, respectivamente, tem sua proporção em relação ao óleo residual conhecida, e já foram calculadas na seção acima.

No Brasil, as empresas de diversos setores investiram em torno de 4% do faturamento em manutenção (ABRAMAN, 2012). Os valores dos custos variáveis foram normalizados para valores em reais por litro de óleo residual que entra na usina, com o objetivo de padronizar o cálculo da evolução dos gastos para comparar com a receita estimada.

**Tabela 20 - Custos Variáveis**

	Unidades	Valores (R\$)	Proporção (por L de óleo)	Total (R\$/L de óleo)
Metanol Anidro	L	0,95	0,261	0,248
Hidróxido de Potássio	Kg	30,00	0,014	0,412
Manutenção	R\$	9.911,56	-	0,092
<b>Total</b>				<b>0,752</b>

**Fonte: Autores (2018)**

O preço do metanol aplicado para o cálculo dos custos foi obtido pelo Ministério de Minas e Energia e, como já foi visto, este valor apresenta variações que merecem atenção, mesmo que esse reagente seja mais em conta que o etanol anidro. Já para o preço do hidróxido de potássio, foi feito o orçamento em alguns fornecedores e adotou-se o valor médio.

A compilação dos dados dos custos variáveis e dos custos fixos permite realizar uma projeção de gastos totais e de Custos/L de óleo coletado ao longo dos anos.

**Tabela 21 - Planilha de Custos de Produção**

Ano	Participação	Óleo Recolhido (L)	Biodiesel Produzido (L)	Custos Variáveis	Custos Fixos	Custo Total
2018	10%	107.218	91.135	R\$ 81.527,59	R\$83.077,20	R\$ 164.604,79
2019	11%	119.772	101.806	R\$ 91.174,57	R\$83.077,20	R\$ 174.251,77
2020	12%	127.993	108.794	R\$ 97.542,14	R\$83.077,20	R\$ 180.619,34
2021	13%	136.724	116.215	R\$ 104.313,72	R\$83.077,20	R\$ 187.390,92
2022	14%	146.051	124.143	R\$ 111.556,51	R\$83.077,20	R\$ 194.633,71
2023	15%	156.014	132.612	R\$ 119.303,39	R\$83.077,20	R\$ 202.380,59
2024	16%	166.656	141.658	R\$ 127.589,53	R\$83.077,20	R\$ 210.666,74
2025	17%	178.025	151.321	R\$ 136.452,58	R\$83.077,20	R\$ 219.529,79
2026	18%	190.169	161.643	R\$ 145.932,81	R\$83.077,20	R\$ 229.010,02
2027	19%	203.141	172.670	R\$ 156.073,32	R\$83.077,20	R\$ 239.150,52
2028	21%	216.999	184.449	R\$ 166.920,20	R\$83.077,20	R\$ 249.997,41
2029	22%	231.801	197.031	R\$ 178.522,82	R\$83.077,20	R\$ 261.600,02
2030	24%	247.614	210.472	R\$ 190.933,96	R\$83.077,20	R\$ 274.011,16

**Fonte: Autores (2018)**

### 6.2.13 Tributação sobre Combustíveis

No âmbito interno, os tributos de interesse são a Contribuição para os Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/PASEP), a Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS), ambos de competência federal, e o Imposto sobre Operações relativas à

Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS), de competência estadual (Souza, 2016).

A incidência da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins sobre combustíveis está regida pela Lei nº 9.718, de 1998, com as alterações promovidas pelas Leis nºs 10.865, de 2004, e 11.727, de 27 de junho de 2008.

No caso dos derivados do petróleo, o art. 4º da Lei nº 9.718, de 1998, estipula a incidência concentrada dos tributos na produção e na importação. Desse modo, a Contribuição para o PIS/Pasep e a Cofins são calculadas por meio da aplicação, sobre a receita bruta decorrente da venda dos produtos, das alíquotas abaixo:

- a) 5,08% e 23,44%, respectivamente, no caso de gasolinas e suas correntes, exceto gasolina de aviação;
- b) 4,21% e 19,42%, respectivamente, no caso de óleo diesel e suas correntes;
- c) 10,2% e 47,4%, respectivamente, no caso de gás liquefeito de petróleo (GLP) derivado de petróleo e de gás natural;
- d) 0,65% e 3%, respectivamente, nas demais atividades.

A Cide-Combustíveis, instituída pela Lei nº 10.336, de 19 de dezembro de 2001, tem como fato gerador a importação e a comercialização de petróleo e seus derivados, gás natural e seus derivados, e álcool etílico combustível (hidratado).

Pode incidir sobre operações envolvendo gasolina, diesel, querosene de aviação, outros querosenes, óleos combustíveis com alto teor de enxofre, óleos combustíveis com baixo teor de enxofre, gás liquefeito de petróleo, inclusive o derivado de gás natural e da nafta, e álcool etílico combustível.

Conforme art. 9º da Lei nº 10.336, de 2001, o Poder Executivo, até os limites fixados no art. 5º da mesma norma, pode diminuir e restabelecer as alíquotas específicas incidentes sobre os produtos mencionados. Diante disso, na prática, atualmente apenas a gasolina e o diesel são tributados, a alíquotas específicas de R\$ 230,00 e R\$ 70,00 por metro cúbico, respectivamente, ou seja, o biodiesel não está inserido nesta alíquota.

A Cide-Combustíveis tem seus parâmetros previstos no art. 177, § 4º, da Constituição, e em referido dispositivo não há autorização para sua incidência em combustíveis de maneira geral, mas apenas naqueles expressamente mencionados.

#### **6.2.14 Tributação do Biodiesel**

A Lei nº 11.116, de 18 de maio de 2005, dispõe sobre o Registro Especial, na Secretaria da Receita Federal do Brasil, de produtor ou importador de biodiesel, e sobre a incidência da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins sobre as receitas decorrentes da venda desse produto.

Segundo o art. 3º da norma, a Contribuição para o PIS/Pasep e a Cofins incidirão, uma única vez, sobre a receita bruta auferida, pelo produtor ou importador, com a venda de biodiesel, às alíquotas de 6,15% e 28,32%, respectivamente, havendo possibilidade de opção, pelo contribuinte, de regime especial de apuração e pagamento das contribuições, no qual os valores são fixados, respectivamente, em R\$ 120,14 e R\$ 553,19 por metro cúbico (art. 4º). Estes valores serão os valores admitidos para o estudo de viabilidade deste projeto, com um total de R\$673,33 por m<sup>3</sup>, ou seja, R\$0,673 por litro de biodiesel comercializado.

Para este projeto também se assume que o imposto sobre a comercialização da glicerina é semelhante ao do biodiesel.

### **6.3 Aspectos Legais**

#### **6.3.1 Comercialização de Biodiesel**

Em relação aos aspectos e exigências legais para a operação e instalação da mini usina de biodiesel, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) regulamenta através da resolução ANP Nº734, de 28/6/2018 a autorização para o exercício da atividade de produção de biocombustíveis e a autorização de operação da instalação produtora de biocombustíveis.

A Diretoria Da Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis - ANP, no exercício das atribuições conferidas pelo art. 6º do Regimento Interno e pelo art. 7º do Decreto nº 2.455, de 14 de janeiro de 1998, tendo em vista o disposto na Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, considerando o que consta do Processo nº 48610.010100/2017-49 e a Resolução de Diretoria nº 353, de 28 de junho de 2018, resolve:

## Capítulo I - Das Disposições Preliminares

- a) Capítulo III - da autorização para o exercício da atividade de produção de biocombustíveis;
- b) Capítulo IV - da construção da instalação produtora de biocombustíveis;
- c) Capítulo V - da autorização de operação;
- d) Capítulo VI - da alteração da área de armazenamento;
- e) Capítulo VII - da atualização cadastral;
- f) Capítulo IX - da prestação de serviço;
- g) Capítulo X - do envio de dados
- h) Capítulo XI – das obrigações;
- i) Capítulo XII – do cancelamento e da revogação da autorização;
- j) Capítulo XIII – das disposições transitórias;
- k) Capítulo XIV – das disposições finais.

### **6.3.2 Coleta de Óleo de Fritura Residual**

Em relação aos aspectos e exigências legais para a coleta residual do óleo de fritura, os mesmos são definidos pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e pelo Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA).

Segundo Artigo 10 da Lei nº 6.938/81 – IBAMA: “A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva e potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento de órgão estadual competente, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA, e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, em caráter supletivo, sem prejuízo de outras licenças exigíveis”.

A legislação aponta três espécies ordinárias de licenças ambientais, na dicção do artigo 8º da Resolução CONAMA nº 237/1997, são elas:

Licença Prévia (LP), que é concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a

viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos a serem atendidos na execução do projeto;

Licença de Instalação (LI), que autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes.

Licença de Operação (LO), que autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

## **6.4 Análise dos dados obtidos**

### **6.4.1 Logística**

Visto que o processo logístico para o projeto da usina de biodiesel proposto possui diversos fatores que geram incertezas ao longo do tempo, de difícil estimativa, principalmente a quantidade de bombonas por ponto de coleta, pois é difícil estimar a quantidade de pessoas aderentes ao programa de coleta de óleo de fritura irá frequentar os estabelecimentos escolhidos, ou seja, é possível ver uma demanda maior em certos pontos do que o esperado, tendo que remodelar o sistema proposto inicialmente da quantidade de bombonas por ponto, rotas de coleta e frequência de coleta, com isso alterando os gastos com transporte.

Entretanto, baseando-se em trabalhos já existentes e projetos referentes ao assunto, é possível estimar as variáveis de forma a se adaptarem a realidade do modo mais eficiente possível, porém a operação logística para o projeto deve se adaptar com observações, análises e estudos empíricos, após o decorrer da operação como um todo, de forma a otimizar a questão logística completamente. Um ponto a se destacar é que a quantidade de pontos de coleta para a realização do trabalho se mantém constante até o fim, porém devido às necessidades na execução futura é algo a ser analisado e estudar a viabilidade ou necessidade de se aumentar os pontos de coleta, ou então abranger a área além do bairro do Butantã.

Após realizar todos os estudos a respeito das variáveis em questão, foi possível observar que a operação logística é de certa forma simples, pois envolve

um passivo ambiental que atualmente há problemas com seu descarte e destinação, então a solução apresentada se mostra como simples e eficiente, em tese.

#### **6.4.2 Produção do Biodiesel**

Com a análise dos valores obtidos dos tópicos acima percebe-se que os gastos com insumos para a produção do biodiesel representam um pouco mais que 50 % dos custos totais para início de plano, e esse percentual tende a aumentar, já que a projeção tende para um aumento da coleta do óleo residual e, logo, da capacidade de produção. Pequenas alterações nos valores desses produtos podem impactar de forma significativa no custo final. No entanto, o crescimento desse percentual pode ser desacelerado ao longo dos anos, pois é possível criar parcerias de longo prazo com os fornecedores e negociar os preços de seus produtos, além da insurgência de novas tecnologias. Assim, as ações a serem tomadas estariam relacionadas aos gastos de aquisição de metanol, de hidróxido de potássio e na otimização dos processos.

A criação de diferentes cenários de produção como a possibilidade de utilizar etanol no lugar de metanol e alternância de catalisadores, pode favorecer o barateamento da produção. Essa flexibilidade na produção pode abrir espaço para a aquisição dos insumos mais baratos, desde que não comprometam o processo da usina. Para isso, seria necessário realizar experimentos para se conhecer as proporções reacionais de reagentes e de produtos, e assim estimar quando e quais insumos serão utilizados.

Para gerar maior viabilidade do empreendimento, a coleta de óleo de fritura de restaurantes do bairro pode ser considerada, uma vez que os mesmos seriam os pontos de coleta com uma quantidade razoável de óleo. Nesse caso a produção estimada levaria em conta o fluxo de atendimento, podendo receber até uma quantidade maior de pessoas do que a população do Butantã, já que elas podem vir de fora. No entanto, poderia ser necessária a compra desse resíduo, aumentando o custo de produção, sendo que esse valor gira em torno de R\$ 0,50 por litro (BIODIESELBR, 2017).

#### **6.4.3 Econômica**

Para a determinação da viabilidade econômica do projeto foram analisados em síntese todas as receitas e todos os custos para a implementação, operação e

manutenção do projeto de produção de biodiesel por uma mini usina a partir do óleo residual de fritura gerado pelos habitantes do distrito do Butantã.

As receitas geradas são referentes à venda por meio de leilões ANP do Biodiesel, e para a venda da glicerina bruta gerada como subproduto do processo de fabricação do biodiesel, considerando-se como variáveis consideradas para projeção a taxa de crescimento da população, a participação da população no projeto e o preço do biodiesel. As variáveis consideradas fixas para a determinação da receita são do consumo de óleo por habitante, a eficiência na produção do biodiesel, e o preço do glicerol praticado.

Em relação aos custos, os mesmos se separam entre:

- Custos de Produção
  - Variáveis:
    - Metanol consumido;
    - KOH consumido;
    - Manutenção.
  - Fixas:
    - Energia Elétrica consumida;
    - Custo da energia elétrica;
    - Mão de Obra;
    - Preço do Metanol/L;
    - Preço do KOH/kg;
    - Taxa de Manutenção.
  - Investimento Inicial:
    - Mini Usina;
    - IBC 1000L;
    - Bombonas 200L;
    - Caixa de Ferramenta;
    - EPI;
- Custos de Logística:
  - Variáveis:
    - Preço da Gasolina;
    - Quilômetros percorridos;

- Fixas;
  - Eficiência do Veículo;
  - Manutenção Anual.
- Investimento Inicial;
  - IBC 1000L;
  - Bombonas 50L;
  - Veículo Fiorino.
- Outros Custos Fixos:
  - Aluguel do Galpão;
  - Divulgação do Projeto;
  - Impostos.

**Tabela 22 - Receitas Geradas**

Ano	Participação	População Participante	Óleo Recolhido (L)	Biodiesel Produzido (L)	Glicerol Produzido (L)	Preço Médio Biodiesel (m³)	Receita		Receita Total
							R\$	R\$	
2018	10%	5.361	107.218	91.135	10.722	R\$ 2.481,75		R\$ 247.788,97	
2019	11%	5.989	119.772	101.806	11.977	R\$ 2.506,57		R\$ 279.328,98	
2020	12%	6.400	127.993	108.794	12.799	R\$ 2.531,64		R\$ 301.230,26	
2021	13%	6.836	136.724	116.215	13.672	R\$ 2.556,95		R\$ 324.721,33	
2022	14%	7.303	146.051	124.143	14.605	R\$ 2.582,53		R\$ 350.047,02	
2023	15%	7.801	156.014	132.612	15.601	R\$ 2.608,36		R\$ 377.350,79	
2024	16%	8.333	166.656	141.658	16.666	R\$ 2.634,44		R\$ 406.787,34	
2025	17%	8.901	178.025	151.321	17.802	R\$ 2.660,79		R\$ 438.525,49	
2026	18%	9.508	190.169	161.643	19.017	R\$ 2.687,40		R\$ 472.739,09	
2027	19%	10.157	203.141	172.670	20.314	R\$ 2.714,28		R\$ 509.628,11	
2028	21%	10.850	216.999	184.449	21.700	R\$ 2.741,43		R\$ 549.399,70	
2029	22%	11.590	231.801	197.031	23.180	R\$ 2.768,84		R\$ 592.279,37	
2030	24%	12.381	247.614	210.472	24.761	R\$ 2.796,54		R\$ 638.510,32	

**Fonte: Autores (2018)**

**Tabela 23 - Custos de Produção**

Custo de Produção						
Metanol Consumido (L)	KOH Consumido (kg)	Manutenção	Custos Variáveis	Energia Elétrica (kWh)	Mão de Obra	Custos Fixos
27.984	1.501	R\$ 9.911,56	R\$ 81.527,59	336	R\$ 87.555,00	R\$ 87.756,60
31.260	1.677	R\$ 11.173,16	R\$ 91.174,57	336	R\$ 87.555,00	R\$ 87.756,60
33.406	1.792	R\$ 12.049,21	R\$ 97.542,14	336	R\$ 87.555,00	R\$ 87.756,60
35.685	1.914	R\$ 12.988,85	R\$ 104.313,72	336	R\$ 87.555,00	R\$ 87.756,60
38.119	2.045	R\$ 14.001,88	R\$ 111.556,51	336	R\$ 87.555,00	R\$ 87.756,60
40.720	2.184	R\$ 15.094,03	R\$ 119.303,39	336	R\$ 87.555,00	R\$ 87.756,60
43.497	2.333	R\$ 16.271,49	R\$ 127.589,53	336	R\$ 87.555,00	R\$ 87.756,60
46.464	2.492	R\$ 17.540,94	R\$ 136.452,58	336	R\$ 87.555,00	R\$ 87.756,60
49.634	2.662	R\$ 18.909,56	R\$ 145.932,81	336	R\$ 87.555,00	R\$ 87.756,60
53.020	2.844	R\$ 20.385,12	R\$ 156.073,32	336	R\$ 87.555,00	R\$ 87.756,60
56.637	3.038	R\$ 21.975,99	R\$ 166.920,20	336	R\$ 87.555,00	R\$ 87.756,60
60.500	3.245	R\$ 23.691,17	R\$ 178.522,82	336	R\$ 87.555,00	R\$ 87.756,60
64.627	3.467	R\$ 25.540,41	R\$ 190.933,96	336	R\$ 87.555,00	R\$ 87.756,60

Fonte: Autores (2018)

**Tabela 24 - Custos de Transporte e Outros Custos Fixos**

Ano	Custo de Transporte					Outros Custos Fixos		
	Preço/l. Gasolina	Gasto Anual Gasolina	Manutenção do Carro	Custo de Transporte	Aluguel do Galpão	Custo de Divulgação	Impostos	Custos Fixos Totais
2018	R\$ 4,21	R\$ 1.437,19	R\$ 1.800,00	R\$ 3.237,19	R\$ 7.000,00	R\$ 1.200,00	R\$ 68.549,60	R\$ 76.749,60
2019	R\$ 4,47	R\$ 1.527,15	R\$ 1.800,00	R\$ 3.327,15	R\$ 7.000,00	R\$ 1.200,00	R\$ 76.575,94	R\$ 84.775,94
2020	R\$ 4,75	R\$ 1.622,75	R\$ 1.800,00	R\$ 3.422,75	R\$ 7.000,00	R\$ 1.200,00	R\$ 81.832,33	R\$ 90.032,33
2021	R\$ 5,05	R\$ 1.724,34	R\$ 1.800,00	R\$ 3.524,34	R\$ 7.000,00	R\$ 1.200,00	R\$ 87.414,56	R\$ 95.614,56
2022	R\$ 5,37	R\$ 1.832,28	R\$ 1.800,00	R\$ 3.632,28	R\$ 7.000,00	R\$ 1.200,00	R\$ 93.377,58	R\$ 101.577,58
2023	R\$ 5,70	R\$ 1.946,98	R\$ 1.800,00	R\$ 3.746,98	R\$ 7.000,00	R\$ 1.200,00	R\$ 99.747,37	R\$ 107.947,37
2024	R\$ 6,06	R\$ 2.068,86	R\$ 1.800,00	R\$ 3.868,86	R\$ 7.000,00	R\$ 1.200,00	R\$ 106.551,67	R\$ 114.751,67
2025	R\$ 6,44	R\$ 2.198,37	R\$ 1.800,00	R\$ 3.998,37	R\$ 7.000,00	R\$ 1.200,00	R\$ 113.820,14	R\$ 122.020,14
2026	R\$ 6,84	R\$ 2.335,99	R\$ 1.800,00	R\$ 4.135,99	R\$ 7.000,00	R\$ 1.200,00	R\$ 121.584,42	R\$ 129.784,42
2027	R\$ 7,27	R\$ 2.482,23	R\$ 1.800,00	R\$ 4.282,23	R\$ 7.000,00	R\$ 1.200,00	R\$ 129.878,35	R\$ 138.078,35
2028	R\$ 7,73	R\$ 2.637,61	R\$ 1.800,00	R\$ 4.437,61	R\$ 7.000,00	R\$ 1.200,00	R\$ 138.738,06	R\$ 146.938,06
2029	R\$ 8,21	R\$ 2.802,73	R\$ 1.800,00	R\$ 4.602,73	R\$ 7.000,00	R\$ 1.200,00	R\$ 148.202,13	R\$ 156.402,13
2030	R\$ 8,73	R\$ 2.978,18	R\$ 1.800,00	R\$ 4.778,18	R\$ 7.000,00	R\$ 1.200,00	R\$ 158.311,80	R\$ 166.511,80

**Fonte: Autores (2018)**

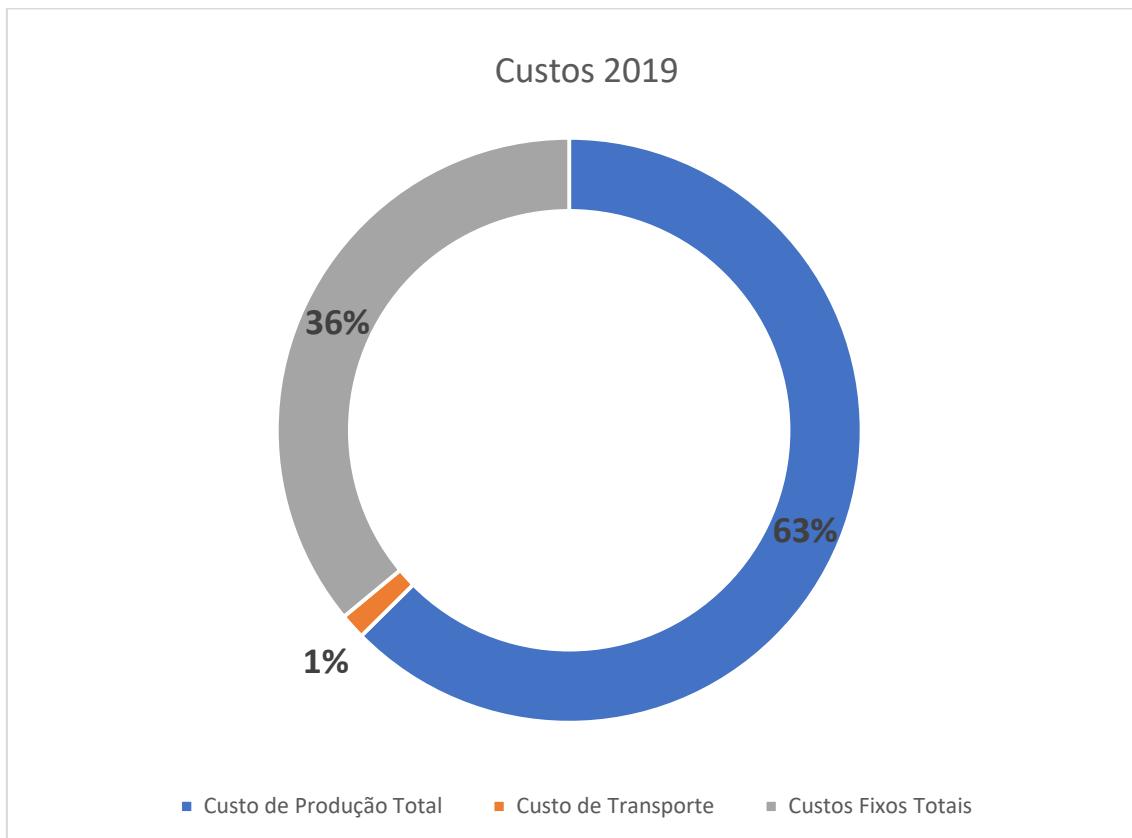
**Tabela 25 - Cálculo do ROI e Lucro**

Ano	Receita Total	Custo de Produção Total	Custo de Transporte	Custos Fixos Totais	Custos Totais	ROI	Lucro Líquido
2019	R\$ 279.328,98	R\$ 178.931,17	R\$ 3.327,15	R\$ 84.775,94	R\$ 267.034,26	1,05	R\$ 12.294,71
2020	R\$ 301.230,26	R\$ 185.298,74	R\$ 3.422,75	R\$ 90.032,33	R\$ 278.753,83	1,08	R\$ 22.476,43
2021	R\$ 324.721,33	R\$ 192.070,32	R\$ 3.524,34	R\$ 95.614,56	R\$ 291.209,22	1,12	R\$ 33.512,12
2022	R\$ 350.047,02	R\$ 199.313,11	R\$ 3.632,28	R\$ 101.577,58	R\$ 304.522,97	1,15	R\$ 45.524,05
2023	R\$ 377.350,79	R\$ 207.059,99	R\$ 3.746,98	R\$ 107.947,37	R\$ 318.754,34	1,18	R\$ 58.596,46
2024	R\$ 406.787,34	R\$ 215.346,13	R\$ 3.868,86	R\$ 114.751,67	R\$ 333.966,67	1,22	R\$ 72.820,67
2025	R\$ 438.523,49	R\$ 224.209,18	R\$ 3.998,37	R\$ 122.020,14	R\$ 350.227,70	1,25	R\$ 88.295,79
2026	R\$ 472.739,09	R\$ 233.689,41	R\$ 4.135,99	R\$ 129.784,42	R\$ 367.609,83	1,29	R\$ 105.129,26
2027	R\$ 509.628,11	R\$ 243.829,92	R\$ 4.282,23	R\$ 138.078,35	R\$ 386.190,50	1,32	R\$ 123.437,61
2028	R\$ 549.399,70	R\$ 254.676,80	R\$ 4.437,61	R\$ 146.938,06	R\$ 406.052,48	1,35	R\$ 143.347,22
2029	R\$ 592.279,37	R\$ 266.279,42	R\$ 4.602,73	R\$ 156.402,13	R\$ 427.284,28	1,39	R\$ 164.995,09
2030	R\$ 638.510,32	R\$ 278.690,56	R\$ 4.778,18	R\$ 166.511,80	R\$ 449.980,54	1,42	R\$ 188.529,79

**Fonte: Autores (2018)**

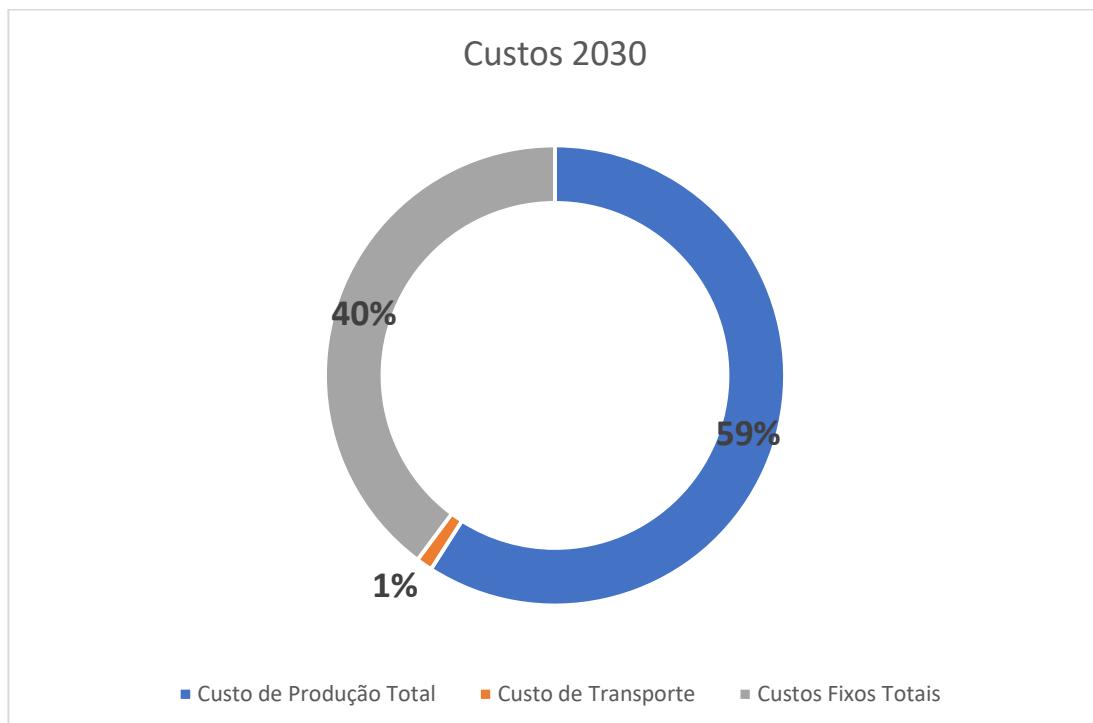
A partir da análise conjunta dos dados apresentados acima, podemos determinar a viabilidade deste projeto, com as variáveis consideradas para o mesmo, de métricas como ROI, Lucro Líquido e Payback.

**Figura 33 - Custos 2019**



**Fonte: Autores (2018)**

**Figura 34 - Custos 2030**



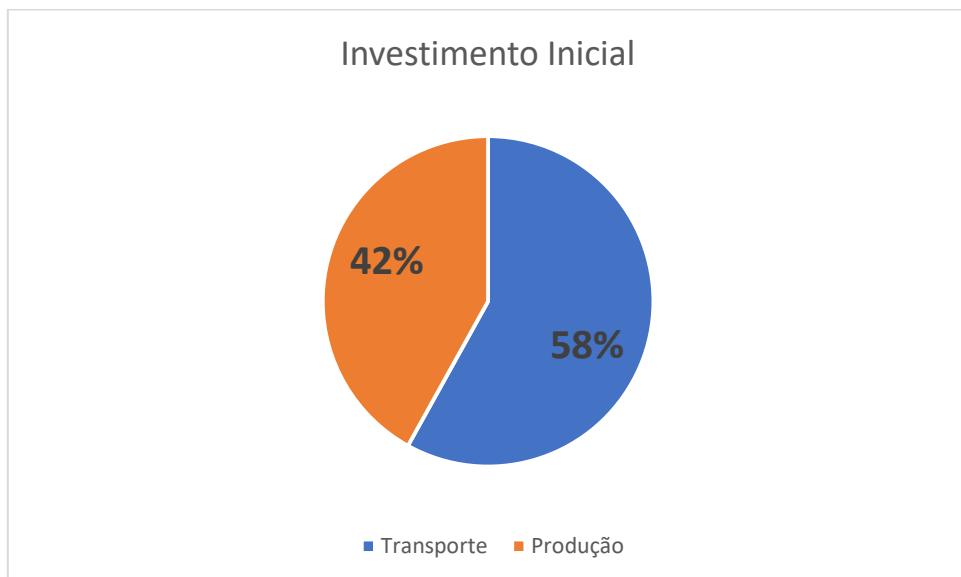
**Fonte: Autores (2018)**

**Tabela 26 - Investimento Inicial e Cálculo do Payback**

Segmento	Investimento Inicial	Valor	Quantidade	Valor Total
Transporte	IBC 1000L	R\$ 1.189,00	3	R\$ 3.567,00
	Bombonas 50L	R\$ 104,00	110	R\$ 11.440,00
	Veículo Fiorino	R\$ 60.000,00	1	R\$ 60.000,00
Produção	Mini Usina	R\$ 50.000,00	1	R\$ 50.000,00
	IBC 1000L	R\$ 1.189,00	3	R\$ 3.567,00
	Bombonas 200L	R\$ 150,00	2	R\$ 300,00
	Caixa de Ferramentas	R\$ 200,00	1	R\$ 200,00
	EPI	R\$ 50,00	2	R\$ 100,00
<b>Total</b>				<b>R\$ 129.174,00</b>
<b>Cálculo do Payback</b>				<b>2,487 anos</b>

**Fonte: Autores (2018)**

**Figura 35 - Investimento Inicial**



**Fonte: Autores (2018)**

## 6.5 Cenário Atual, Projeções e Discussões

Ao analisar as dificuldades e os benefícios da reciclagem do óleo residual de fritura percebe-se que é possível diminuir de forma considerável a falta de conscientização sobre os impactos do descarte incorreto desse resíduo através da educação, informação e incentivo das mídias, e que os retornos positivos impactam várias partes da sociedade, além de trazer vantagens econômicas e ambientais. A produção de biodiesel a partir do óleo de cozinha usado é um modelo de desenvolvimento sustentável, no entanto, deve receber mais incentivos, seja pelo poder público ou por iniciativas privadas, que terão uma boa imagem no mercado.

A partir das opções de estudo da viabilidade do empreendimento, sendo elas o conjunto de condomínios, o bairro Pinheiros e o bairro Butantã, comparou-se algumas métricas para decidir qual das alternativas seria a mais adequada. Por apresentar bom potencial de produção do biodiesel, facilidade de acesso aos dados e por ter zonas industriais, o bairro do Butantã foi escolhido. Essa alternativa apresentou menores dificuldades na obtenção de informações e o empreendimento poderá ser mais aproveitado, tendo em vista a parceria das cooperativas e os catadores.

A transesterificação alcalina é um dos processos mais aplicados para produção do biodiesel a partir dos óleos residuais de fritura. É baseado na mistura do triaglicerol, constituinte do óleo, com um álcool na presença de uma base forte como catalisador, produzindo o biodiesel e a glicerina como subproduto. Esse processo exige alguns cuidados quanto ao pré tratamento do óleo residual, que pode conter impurezas, como restos de alimento e água, afetando a eficiência do sistema e colocando em risco os equipamentos.

A produção de sabão é outro destino do óleo residual de fritura que exemplifica um sistema de desenvolvimento sustentável. Para identificar qual das alternativas seria a mais viável, compararam-se os retornos da produção de biodiesel e de sabão a partir de uma mesma quantidade de óleo residual. De modo geral e simplificado, notou-se uma equivalência em relação aos benefícios financeiros, sendo possível, então, realizar a produção de ambos os produtos no empreendimento, pois há variações sazonais nos preços de biodiesel, sendo a glicerina produzida no processo de transesterificação pode ser utilizada na produção de sabão ao qual possui um custo menos volátil.

Tendo em vista o atual cenário nacional e internacional, podemos enxergar um imenso potencial na produção de biodiesel, sendo que o Brasil tem condições de implementar no que diz respeito a capacidade produção, o mínimo de 20% na mistura, diesel B20 em 2030 que corresponde a produção de 18 bilhões de litros de biodiesel, levando-se em consideração a disponibilidade de matérias-primas necessárias, com enfoque no óleo de fritura, e o grau de organização do setor. Porém é imprescindível que o governo adote iniciativas que promovam a competitividade de todo o sistema produtivo que dá suporte à oferta de matérias-primas da indústria de biodiesel, seja o complexo soja, principal fornecedor, mas também as novas cadeias, ou seja, mais incentivos às matérias-primas alternativas como citado anteriormente.

Além disso, vale ressaltar uma discussão muito importante acerca da economia em torno do biodiesel, pois da forma como vem sendo planejado e o com aumento na obrigatoriedade na mistura de biodiesel, para que o Brasil mantenha este processo viável, deve ser feita uma ampla análise econômica, pois atualmente vemos que o preço do biodiesel é muito superior ao preço do diesel, fazendo com que seja insustentável economicamente em questão de poucos anos, então

soluções econômicas devem ser pensadas e estudas com maior profundidade. Tal situação pode gerar no futuro uma série crise socioeconômica.

O governo se comprometendo com melhorias e incentivos em infraestrutura e tributação, então com a solução desses desafios com a devida projeção e der sinais positivos aos agentes econômicos, os investimentos virão naturalmente, o que atenderá à expansão necessária na capacidade industrial instalada para produção de matérias-primas e de biodiesel. Cabe ainda ressaltar que a utilização do biodiesel está consolidada pelos parâmetros de qualidade e que o seu potencial de produção pode ser superior a 18 bilhões de litros, em 2030, caso algumas das premissas do cenário previsto sejam alteradas, tais como:

- Menor exportação do óleo bruto de soja;
- Introdução de carcaças na produção de sebo, o que requer modificações na legislação brasileira. Então, pode-se considerar acréscimo de sebo oriundo de carcaças de animais mortos na ordem de 400 mil t/ano em 2030 destinadas integralmente para a produção de biodiesel, caso a legislação pertinente seja alterada, permitindo o aproveitamento deste sebo residual, atualmente não permitido no Brasil, mas explorado em outros países, como nos EUA;
- Maior processamento da safra de soja;
- Maior produtividade da palma;
- Menor volume de vendas de diesel B; 12 de 12.
- Introdução de novas matérias-primas. Deve ficar a cargo dos gestores públicos a alocação desse eventual excedente de matérias-primas e de biodiesel em relação ao Cenário de 18 bilhões de litros, resultante dos ajustes nas premissas mencionadas acima. Dependendo da grandeza desse volume excedente, o setor entende que o governo deve optar por uma política de uso mandatório acima do B20 em nível nacional ou para usos específicos e/ou regionais. Estima-se que esses excedentes de matérias-primas, considerando um consumo de 90 bilhões de litros de diesel B, possam gerar biodiesel suficiente para uma mistura até B25. Destaca-se também que o mercado internacional de biodiesel está em expansão e é promissor. Nas condições atuais de tributação e logística, o setor produtivo brasileiro se encontra sem

condições de participar desse mercado. Cabe ao Governo criar condições para solucionar esses entraves ao crescimento da produção brasileira voltada à exportação e permitir o aproveitamento deste importante vetor de desenvolvimento.

## **7. Conclusões**

Obtidos os dados, fundamentos e teorias da literatura, de projetos e de experimentos cruzando-os ao máximo de variáveis quantificáveis possíveis para determinação dos custos, receitas e suas variações em uma projeção de fim de plano para 2030, simula-se neste estudo um cenário próximo à realidade.

Para o cenário considerado neste estudo, os dados e análises mostram-se favoráveis à implementação da mini usina para produção de biodiesel a partir da coleta de óleo de fritura residual dos habitantes do distrito do Butantã. Esta determinação se baseia no fato da indústria em questão possuir um ROI maior do que 1, o que significa que a mesma gera lucro, e a partir deste lucro podemos determinar o payback, o que significa que os investimentos iniciais são pagos em 2,48 anos.

Concluindo-se, é possível afirmar que para o cenário dimensionado neste estudo de viabilidade, o projeto da forma a qual foi projetada se mostra viável economicamente.

## 8. REFERÊNCIAS

BARROS, C; Paulino, W. **Ciências e o Meio Ambiente**. São Paulo. Ed. Ática, 2008

CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1988).

**Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro, Fundação Getulio Vargas. Tradução do documento CMMAD, Our Common Future. Disponível no livro: SCOTTO, G. [et.al]. Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro, Ed. Vozes, 2008.

D'AVIGNON, A. [et.al] **Manual de Auditoria Ambiental de Estações de Tratamento De Esgotos**. Rio de Janeiro. Ed. Qualitymark, 2002.

FORUM BRASILEIRO DE ONGs E MOVIMENTO SOCIAIS PARA O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (1992). **Meio Ambiente e Desenvolvimento: Uma visão da ONGs dos movimentos sociais brasileiro**. Rio de Janeiro: Fórum das ONGs

Brasileiras. Disponível no livro: SCOTTO, G. [et.al]. **Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro**, Ed. Vozes, 2008.

LEITE, P. R. **Logística Reversa Meio Ambiente e Competitividade**. São Paulo, Ed. Pearson Prentice Hall, 2003.

MOURA, R. A. [et al.] **Dicionário de Logística: Supply Chain, Movimentação e Armazenagem, Comércio exterior, Produtividade, Qualidade**. São Paulo, Ed. IMAM, 2004.

NOVAES, A. G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: Estratégia, Operação e Avaliação**. Rio de Janeiro, Ed. Campus, 2004.

POZZO, H. **Administração de Recursos Materiais e Patrimoniais**. São Paulo, Ed. Atlas, 2001.

MARTHA, S. J. F.: **Óleo das frigideiras pode virar biodiesel; Brasil Econômico**; Edição de 06 de maio de 2010.

ORMANEZE, F.: **Cooperativa transforma o óleo usado em combustível**; Correio Popular; Edição de 20 de maio de 2010.

NASCIMENTO, C : **A logística reversa do óleo de fritura usado como solução para problemas ambientais.** Disponível em: [www.setorreciclagem.com.br/modules.php?name=News&file=article&sid=558](http://www.setorreciclagem.com.br/modules.php?name=News&file=article&sid=558)  
Acessado em 06 de Junho 2018

SABESP : **Programa de Reciclagem de Óleo de Fritura da Sabesp.** Disponível em: [site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp\\_doctos/programa\\_reciclagem\\_oleo\\_completo.pdf](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/programa_reciclagem_oleo_completo.pdf) - Acessado em 06 de Junho 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. INFORMMA. NOTICIAS. **Política de Resíduos Sólidos apresenta resultado em 4 anos.** Disponível em [www.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegitipo-3&ano-2005](http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegitipo-3&ano-2005) Acessado em 06 de Junho 2018.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Óleo de cozinha usado e o meio ambiente.** Disponível em < <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/oleo-cozinha-usado-meio-ambiente.htm> >. Acesso em 06 de junho de 2018.

LAFRAIA, João Ricardo. **Gasto com manutenção muda o foco.** Disponível em < <http://www.abraman.org.br/noticias/gasto-com-manutencao-muda-o-foco> >. Acesso em 12 de novembro de 2018.

**Tarifas, taxas e tributos.** Disponível em < <https://www.elektro.com.br/sua-casa/tarifas-taxas-e-tributos> >. Acesso em 12 de novembro de 2018.

**Média salarial para operador de máquinas.** Disponível em < <https://www.trabalhabrasil.com.br/media-salarial-para-operador-de-maquinas> >. Acesso em 10 de novembro de 2018.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Reciclagem de óleo de cozinha usado; Brasil Escola.** Disponível em <<https://brasilescola.uol.com.br/quimica/reciclagem-oleo-cozinha-usado.htm>>. Acesso em 06 de junho de 2018.

DIAS, Diogo: **Poluição provocada pelo óleo de cozinha.** Disponível em <<https://manualdaquimica.uol.com.br/quimica-ambiental/poluicao-provocada-pelo-oleo-cozinha.htm>> - Acessado em 06 de Junho de 2018

PEREIRA, Daniel: **Óleo de fritura - o problema tem solução.** Disponível em <<http://www.sermelhor.com.br/ecologia/oleo-de-fritura-o-problema-tem-solucao.html>> - Acessado em 06 de Junho de 2018

GIRARD, Giuliana: **Estragos Causados Pelo Óleo De Cozinha Despejado No Ralo Da Pia.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2010/09/veja-os-estragos-causados-pelo-oleo-de-cozinha-despejado-no-ralo-da-pia.html>> - Acessado em 06 de Junho de 2018

INSTITUTO ETHOS. ARTIGO. **Política Nacional de Resíduos Sólidos, Desafios e Oportunidades para as Empresas.** Disponível em: <[https://www3.ethos.org.br/wp-content/uploads/2012/08/Publica%C3%A7%C3%A3o-Residuos-Solidos\\_Desafios-e-Oportunidades\\_Web\\_30Ago12.pdf](https://www3.ethos.org.br/wp-content/uploads/2012/08/Publica%C3%A7%C3%A3o-Residuos-Solidos_Desafios-e-Oportunidades_Web_30Ago12.pdf)> - Acessado em 06 de Junho de 2018

SOUZA, M. T. S.; PAULA, M. B.; SOUZA-PINTO, H. **O papel das cooperativas de reciclagem nos canais reversos pós-consumo.** Revista de Administração de Empresas, v. 52, n. 2, p. 246-262, 2012.

FILHO, Sérgio: **Tecnologia ambiental aplicada ao gerenciamento e processamento do óleo vegetal residual no estado do Rio de Janeiro.** Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/10815/pdf>> - Acessado em 07 de Junho de 2018

AGENCIA NACIONAL DO PETROLEO, GAS NATURAL E BIODIESEL. NOTÍCIAS.  
**Biodiesel.** Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel>> - Acesso em 13 de Junho de 2018

KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J.; RAMOS, L. P. **Manual do Biodiesel.** São Paulo: Blücher, 2006.

COSTA, B. J.; OLIVEIRA, S. M. M. **Dossiê técnico: óleo de soja.** Curitiba: [S.n.], 2006.

GERPEN, J. V.; SHANKS, B.; PRUSZKO, R.; CLEMENTS, D.; KNOTHE, G. **Biodiesel Production Technology.** USA: National Renewable Energy Laboratory - NREL/SR-510- 36244, 2004.

PARENTE, E. J. S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado, Fortaleza:** [S.n.], 2003.

COSTA NETO, P. R. C.; ROSSI, L. F. S.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. **Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras,** 2000.

ECÓLEO. ARTIGO. **Reciclagem.** Disponível em:  
<<http://ecoleo.org.br/projetos/6766-2>> - Acessado em 11 de Junho de 2018

POTENCIAL BIODIESEL. NOTÍCIA. **Consumo de combustíveis aumenta 0,4% no Brasil,** aponta **ANP.** Disponível em:  
<[http://www.potencialbiodiesel.com.br/noticia/consumo-de-combustiveis-aumenta-04-no-brasil-aponta-anp](http://www.potencialbiodiesel.com.br/noticia/consumo-de-combustiveis-aumenta-04-no-brasil-aponta-anp/)>. Acessado em 12 de Junho de 2018.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. NOTÍCIA. **Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário.** Disponível em:  
<<http://www.mda.gov.br/sitemda/secretaria/saf-biodiesel/o-selo-combust%C3%ADvel-social>>. Acessado em 13 de Junho de 2018

POTENCIAL BIODIESEL. NOTÍCIA. **B10 está chegando e a demanda por soja aumentando.** Disponível em: <<http://www.potencialbiodiesel.com.br/noticia/b10-esta-chegando-e-a-demanda-por-soja-aumentando/>> Acessado em 12 de Junho de 2018

OLIVEIRA, E.V.A; THOMAZ, D. ; MARIA, L.C.S. **Comparação das rotas metílica e etílica para obtenção de biodiesel através da transesterificação do óleo de soja via catálise básica.** Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2008/trabalhos/5/5-359-4770.htm>> Acessado em 21 de Junho de 2018.

Disconzi, G. **Coleta seletiva do óleo residual doméstico: desafios e perspectivas para um aproveitamento socioambiental e sustentável.** 2014. Disponível em <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7639>>. Acessado em 10 de Novembro de 2018.

LEITE, P. R. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade.** 2ª Ed. São Paulo: Prentice Hall, (2003).

<[http://www.gepai.dep.ufscar.br/pdfs/1290774831\\_TNSTO11374116034.pdf](http://www.gepai.dep.ufscar.br/pdfs/1290774831_TNSTO11374116034.pdf)>  
Acessado em 10 de Setembro de 2018.

<<https://www.biodieselbr.com/noticias/biocombustivel/negocio/cenario-positivo-vendas-biodiesel-231015.htm>> Acessado em 10 de Outubro de 2018.

<[http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp\\_docktos/prol\\_centro.pdf](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_docktos/prol_centro.pdf)> Acessado em 10 de Outubro de 2018.

<<http://www.biomerkado.com.br/indicadoresPorProduto.php?produto=56>> Acessado em 11 de Outubro de 2018.

<<https://www.quimica.com.br/glicerina-crescimento-do-biodiesel-provoca-inundacao-no-mercado-de-glicerina-incentivando-a-descobrir-novas-aplicacoes-frascos-contem-glicerina-bruta-e-bidestilada/2/>> Acessado em 11 de Outubro de 2018.

<<https://www.quimica.com.br/glicerina-producao-cresce-e-estimula-novos-usos/2/>>

Acessado em 15 de Outubro de 2018.

<<https://www.biodieselbr.com/noticias/usinas/glicerina/glicerina-bate-novo-recorde-de-preco-em-fevereiro-060318.htm>> Acessado em 10 de Novembro de 2018.

<<https://jovempan.uol.com.br/programas/somente-10-do-oleo-de-cozinha-e-reciclado-em-sao-paulo.html>> Acessado em 10 de Novembro de 2018.

Pontos de Entrega Voluntária – PEV's em SP. **Recicloteca.**

<<http://www.recicloteca.org.br/noticias/pontos-de-entrega-voluntaria-pevs-em-sp/>>.

Acessado em 11 de Novembro de 2018.

<<https://www.infomoney.com.br/minhas-financas/carros/noticia/2837403/carros-gastos-mensais-com-manutencao-giram-torno-valor-veiculo>>. Acessado em 22 de Novembro de 2018.