

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**REDUÇÃO DE CUSTOS COM INTERNAÇÕES POR DOENÇAS RESPIRATÓRIAS  
POR MEIO DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL OBTIDO COM ÓLEO DE FRITURA  
RESIDUAL: SURVEY NA CIDADE DE SÃO PAULO**

**AMANDA CARVALHO MIRANDA**

São Paulo – SP  
2018

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**REDUÇÃO DE CUSTOS COM INTERNAÇÕES POR DOENÇAS RESPIRATÓRIAS  
POR MEIO DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL OBTIDO COM ÓLEO DE FRITURA  
RESIDUAL: SURVEY NA CIDADE DE SÃO PAULO**

AMANDA CARVALHO MIRANDA

Tese apresentada ao Programa de Doutorado em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho, como parte dos requisitos para obtenção ao título de Doutor em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Curvelo Santana

Co-Orientador: Prof. Dr. Silvério Catureba da Silva Filho

São Paulo-SP

2018

¶  
 Miranda, Amanda Carvalho. ¶  
 ...Redução de custos com internações por doenças respiratórias por meio da produção de biodiesel obtido com óleo de fritura residual: Survey na cidade de São Paulo. / Amanda Carvalho Miranda. 2018. ¶  
 ...116 f. .... ¶  
 ...Tese (doutorado) — Universidade Nove de Julho — UNINOVE, São Paulo, 2018. ¶  
 ...Orientador (a): Prof. Dr. José Carlos Curvelo Santana. ¶  
 1. → Biodiesel. 2. Redução das emissões. 3. Reuso do óleo de fritura. 4. Desenvolvimento sustentável ¶  
 I. → Santana, José Carlos Curvelo. → II. Título .....  
 .....  
 ..... CDU 658.5  
 → → → → → → → → →



PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE TESE

DE

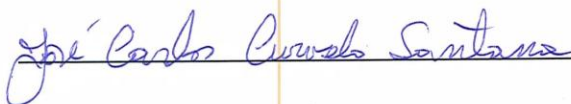
Amanda Carvalho Miranda

Título da Dissertação: Redução de Custos Com Internações por Doenças Respiratórias por Meio da Produção de Biodiesel Obtido com Óleo de Fritura Residual: Survey na Cidade de São Paulo.

A Comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, considera o(a) candidato(a) Amanda Carvalho Miranda APROVADA.

São Paulo, 28 de novembro de 2018.

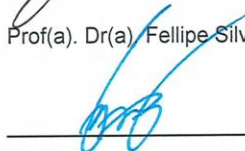
Prof(a). Dr(a). José Carlos Curvelo Santana (PPGEP/UNINOVE) - Orientador



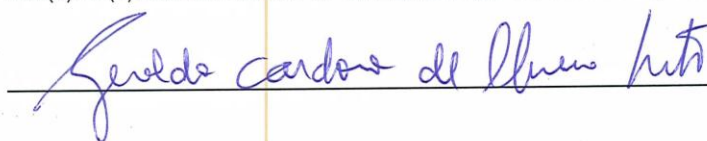
Prof(a). Dr(a). João Alberto Camarotto (PPGEP/UFSCar) - Membro Externo



Prof(a). Dr(a). Fellipe Silva Martins (PPGI/UNINOVE) - Membro Externo



Prof(a). Dr(a). Geraldo Cardoso de Oliveira Neto (PPGEP/UNINOVE) - Membro Interno



Prof(a). Dr(a). Ivanir Costa (PPGEP/UNINOVE) - Membro Interno



## **DEDICATÓRIA**

*Aos meus pais e a minha irmã.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por iluminar meus caminhos, sempre me direcionar e proporcionar esta oportunidade.

A Universidade Nove de Julho por fornecer estrutura e apoio ao desenvolvimento dos meus estudos.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho, pela possibilidade de realização deste trabalho.

Agradeço ao meu orientador Prof<sup>o</sup> Dr. José Carlos Curvelo Santana, pela confiança, credibilidade, paciência e principalmente pelo direcionamento deste trabalho.

Agradeço o Prof. Dr. Silvério Catureba Filho, por todos os ensinamentos e disponibilidade em contribuir para o trabalho.

Agradeço a meus Pais, Mário de Paula Miranda (in memorem) e Sônia Maria de Carvalho Miranda por me incentivarem e compreenderem.

Agradeço a minha irmã Vanessa Carvalho Miranda Tavares por todo apoio e confiança.

Agradeço meu cunhado Carlos Alberto Tavares pela torcida.

Agradeço meus amigos Rogério Bonette Klepa, Renato Lougiudice e José Carlos, por estarem sempre presentes nos momentos difíceis, por compartilharem dúvidas e sempre estarem dispostos a ajudar.

## RESUMO

A emissão de poluentes por veículos do ciclo do diesel afetam cada vez mais a qualidade do ar na cidade de São Paulo. Esse fator contribui diretamente para o aumento das internações por doenças respiratórias. O presente trabalho estudou os casos de internações por doenças respiratórias e seus custos, causados por esses poluentes, no período de 2008 a 2017, na cidade de São Paulo; estes dados foram coletados no site do DATA-SUS, ambos correlacionados com os padrões de qualidade do ar estabelecidos pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) pela CETESB e OMS (Organização Mundial de Saúde). O trabalho também propôs a coleta seletiva de óleos de fritura residuais efetuadas na cidade de São Paulo, para convertê-los em Biodiesel como alternativa econômica, ambiental e social. Foi elaborado um questionário, distribuído em 600 restaurantes e 1500 residências da cidade de São Paulo, com a finalidade de estimar o consumo de óleos de frituras mensais destes estabelecimentos, bem como estabelecer o nível de conhecimento da população sobre o descarte destes resíduos. Os resultados apontados pelas entrevistas apuraram que a cidade de São Paulo tem um potencial de produção de biodiesel através de óleos residuais de mais de 8.800m<sup>3</sup> por mês, possibilitando um ganho com a venda do excesso de biodiesel de US\$ 1,056 milhões, além de lucrar com seu subproduto Glicerina US\$ 5,089 milhões e US\$ 0,166 milhões em vendas de créditos de carbono. Os resultados dos poluentes mostraram que o Material Particulado (MP<sub>10</sub>), (MP<sub>2,5</sub>) e o Ozônio (O<sub>3</sub>) apresentaram correlação de moderada a ruim, principalmente em meses com baixa precipitação, corroborando com aumento de casos de internações por doenças causadas pelo sistema respiratório no mesmo período; os custos com essas externalidades chegaram a um total de R\$ 442.7 milhões pelo SUS. Conclui-se que a substituição do Diesel pelo Biodiesel de óleos residuais na frota de ônibus na cidade de São Paulo, seria uma alternativa viável, pois eliminaria em 30% a emissão de poluentes, proporcionando uma redução de custos com internações hospitalares pelo SUS no período de 2008 a 2017 de mais de R\$ 126.8 milhões, além de resgatar a imagem da cidade com iniciativas sustentáveis e melhorias na qualidade de vida da sua população.

**Palavras Chave:** Biodiesel; Redução das Emissões; Reuso do óleo de fritura; Desenvolvimento Sustentável.

## ABSTRACT

Pollutants emission by diesel cycle vehicles increasingly affects air quality in the city of São Paulo. This factor directly contributes to the increase of hospitalizations due to respiratory diseases. The present study studied the cases of hospitalizations due to respiratory diseases and their costs, caused by these pollutants, in the period from 2008 to 2017, in the city of São Paulo; these data were collected on the DATA-SUS website, both correlated with the air quality standards established by CONAMA (National Environmental Council) by CETESB and WHO. The work also proposed the selective collection of residual frying oils made in the city of São Paulo, to convert it into Biodiesel as an economic, environmental and social alternative. It was elaborated a questionnaire, distributed in 600 restaurates and 1500 residences of the city of São Paulo, with the purpose of estimating the consumption of oil of monthly fryings of these establishments, as well as to establish the level of knowledge of the population on the discard of these residues. The results pointed out that the city of São Paulo has potential biodiesel production through residual oils of more than 8,800 m<sup>3</sup> per month, making possible a gain from the sale of excess biodiesel of US \$ 1,056 million, in addition to profit with its by-product Glycerin \$ 5.089 billion and \$ 0.166 million in carbon credit sales. The results of the pollutants showed that the Particulate Material (MP10), (MP2.5) and Ozone (O<sub>3</sub>) presented a moderate to bad correlation, mainly in months with low precipitation, corroborating with an increase in hospitalizations due to systemic diseases during the same period; the costs with these externalities reached a total of R \$ 442.7 million by the SUS. It was concluded that the replacement of diesel by Biodiesel of residual oils in the bus fleet in the city of São Paulo would be a viable alternative, would eliminate the emission of pollutants by 30%, providing a reduction of costs with hospital admissions by the SUS in the period of 2008 to 2017 of more than R \$ 126.8 million, in addition to recovering the image of the city with sustainable initiatives and improvements in the quality of life of its population.

**Keywords:** Biodiesel; Reduction of Emissions; Reuse of frying oil; Sustainable development.



## ABREVIATURAS

AIE – Agência Internacional de Energia

ANP – Agência Nacional de Petróleo

ABRESI -Associação Brasileira de Gastronomia, Hospedagem e Turismo

AOCS – Association Oils Chemical Society

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CCE - Contabilidade de Custos Ecológicos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CNPE – Conselho Nacional de Política Energética

DPOC - Doença Pulmonar Crônica Obstrutiva

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário

MDL- Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MEB- Matriz Energética Brasileira

MME- Ministério de Minas e Energia

OMS - Organização Mundial da Saúde

PIB – Produto Interno Bruto

PNPB- Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)

PMSP – Prefeitura Municipal de São Paulo

RM – Ranking Médio

SCS – Selo Combustível Social

SUS – Sistema Único de Saúde

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Tipos de biomassa para obtenção de biocombustíveis .....	9
Figura 2: Produção de biocombustível de primeira geração .....	11
Figura 3: Produção de biocombustível de segunda geração .....	12
Figura 4: Produção de biocombustível de terceira geração .....	12
Figura 5: Produção de biocombustível de quarta geração .....	13
Figura 6: Reação de Transesterificação .....	15
Figura 7: Fluxograma de produção de biodiesel .....	16
Figura 8: Percentagens de biodiesel adicionados ao diesel .....	21
Figura 9: Deposição de material particulado no sistema respiratório .....	26
Figura 10: Dimensões da sustentabilidade .....	30
Figura 11: Plataforma Tabnet -Data-SUS.....	34
Figura 12: Seleção regional Tabnet-Data-SUS.....	34
Figura 13: Filtros disponíveis Tabnet-Data SUS .....	36
Figura 14: Comportamento das variáveis x tempo .....	58
Figura 15: Respostas sobre os questionários aplicados nas residências .....	63
Figura 16: Marcas de óleo consumido nas residências.....	63
Figura 17: Tipo de empresa para coleta seletiva de óleo em residências .....	64
Figura 18: Destino dos óleos residuais nas residências após uso .....	64
Figura 19: Respostas das demais perguntas em residências .....	66
Figura 20: Resposta sobre os questionários aplicados em restaurantes.....	67
Figura 21: Diversidade dos óleos usados em restaurantes.....	68
Figura 22: Tipo de empresas para realizar coleta seletiva em restaurantes .....	69
Figura 23: Destino dos óleos residuais após uso nos restaurantes.....	70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fontes e métodos de obtenção do biodiesel .....	10
Tabela 2: Poluentes atmosféricos e seus efeitos na saúde humana .....	27
Tabela 3: Filtros para pesquisa Tabnet-Data SUS .....	35
Tabela 4: Média de chuvas nos últimos 30 anos na cidade de SP .....	37
Tabela 5: Variação do número de amostras com erro .....	39
Tabela 6: Padrões de qualidade do ar CONAMA e OMS .....	43
Tabela 7: Classificação da qualidade do ar CETESB .....	44
Tabela 8: Qualidade do ar e efeitos sobre a saúde humana CETESB.....	44
Tabela 9: Número de internações totais por doenças respiratórias mensais em hospitais públicos de 2008 até 2017 .....	48
Tabela 10: Custos por internações por doenças respiratórias em hospitais públicos no período de 2008 até 2017.....	49
Tabela 11: Emissão de MP <sub>10</sub> e correlação com as legislações e agravos a saúde respiratória.....	51
Tabela 12: Emissão de MP <sub>2,5</sub> e correlação com as legislações e agravos a saúde respiratória.....	52
Tabela 13: Emissão de CO e correlação com as legislações e agravos a saúde respiratória.....	53
Tabela 14: Emissão de NO <sub>2</sub> e correlação com as legislações e agravos a saúde respiratória.....	54
Tabela 15: Emissão de SO <sub>2</sub> e correlação com as legislações e agravos a saúde respiratória.....	55
Tabela 16: Emissão de O <sub>3</sub> e correlação com as legislações e agravos a saúde respiratória.....	56
Tabela 17: Correlação parcial das emissões de poluentes e casos de internações por doenças respiratórias.....	57
Tabela 18: Correlação total das emissões de poluentes e casos de internações por doenças respiratórias.....	59
Tabela 19: Índices Pluviométricos e correlação com Internações na cidade de São Paulo.....	60
Tabela 20: Distribuição da população paulistana e dos questionários.....	61

Tabela 21: Caracterização do Biodiesel a partir de óleo de fritura residual.....71

Tabela 22: Síntese da Contabilidade dos Custos Ecológicos neste trabalho.....74

### **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: Formas de extração do óleo .....9

## SUMÁRIO

### CAPITULO I

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problema de Pesquisa .....	3
1.2 Justificativa .....	3
1.3 Objetivos .....	6
a. Objetivo Geral .....	6
b. Objetivos Específicos .....	6

### CAPITULO II

<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>8</b>
2.1 Biocombustíveis.....	8
a. Geração de biocombustíveis .....	10
2.2 Tipos de biocombustíveis .....	12
a. Álcool obtido por cana de açúcar .....	12
b. Biogás obtido por compostagem .....	13
2.3 Biodiesel .....	14
a. Biodiesel obtido a partir de algas .....	16
b. Biodiesel obtido a partir de gorduras animais .....	16
c. Biodiesel obtido a partir de óleos vegetais .....	17
d. Biodiesel obtido a partir de óleos de frituras residuais .....	18
2.4 Cenário Mundial do Biodiesel x Cenário Brasileiro .....	19
2.5 Biodiesel, meio ambiente e sociedade .....	21
2.6 Reutilização dos óleos comestíveis.....	22
2.7 Poluentes e <i>Health Care</i> .....	23
2.8 Viabilidade econômica e subprodutos do biodiesel obtido por óleos residuais.....	29

### CAPITULO III

<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>33</b>
3.1 Obtenção de dados sobre o número de casos e custos por doenças respiratórias em hospitais públicos da cidade de São Paulo .....	33
3.1.1 Coleta de dados sobre fatores ambientais que afetam a saúde humana .....	35

a. Emissão de poluentes .....	35
b. Índice pluviométrico .....	35
3.2 Elaboração do questionário .....	36
3.3 Determinação do tamanho da amostra .....	38
3.4 Procedimentos para análise, obtenção e cálculos do biodiesel .....	39
3.5 Análise estatística dos dados .....	40
a. Correlação entre internações e qualidade do ar .....	42
b. Cálculo da média das amostras coletadas e desvio padrão .....	44
3.6 Cálculo dos custos ambientais e com a saúde.....	44

## **CAPITULO IV**

<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>47</b>
4.1 Custos e número de internações hospitalares por doenças respiratórias na cidade de SP .....	47
4.2 Emissões de poluentes correlacionados aos limites estabelecidos por legislação CONAMA, OMS E CETESB.....	50
4.2.1 Efeitos relacionados a emissões de MP <sub>10</sub> e MP <sub>2,5</sub> .....	50
4.2.2 Efeitos relacionados a emissões de CO (Monóxido de Carbono) e Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> ).....	53
4.2.3 Efeitos relacionados a emissões de Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> ) e Ozônio (O <sub>3</sub> ).....	55
4.3 Correlação das emissões de poluentes e número de casos de internações por doenças respiratórias.....	57
4.4 Análise do Comportamento das Variáveis: Condições climáticas, Emissões de Poluentes, Casos de Internações e Custos Hospitalares .....	59
4.5 Aplicação dos Questionários.....	61
4.5.1 Estratificação das amostras e distribuição dos questionários .....	61
4.5.2 Aplicação dos questionários nas residências.....	62
4.5.3 Aplicação dos questionários em restaurantes.....	66
4.6 Análise da Sustentabilidade gerada pelo biodiesel obtido através dos óleos residuais .....	71

## **CAPÍTULO V**

<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>76</b>
5.1 Sugestões .....	78

a. Sugestões para trabalhos futuros.....	78
b. Limitações da Pesquisa.....	79
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>80</b>
<b>APÊNDICE I: Questionário de Pesquisa aplicado em residências.....</b>	<b>98</b>
<b>APÊNDICE I: Questionário de Pesquisa aplicado em residências.....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXOS: Publicações geradas a partir deste trabalho.....</b>	<b>112</b>

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUÇÃO**



## 1. INTRODUÇÃO

O crescente desenvolvimento urbano e as novas tecnologias acompanhadas do aumento da população mundial, tem resultado em um grande consumo de energia, escassez das fontes não renováveis naturais e aumento da emissão de poluentes em geral.

Um estudo denominado “Energia e Poluição do Ar” realizado pela Agência Internacional de Energia (AIE, 2016) no ano de 2016, divulgou dados alarmantes sobre os efeitos da poluição na população; mostrou que 6,5 milhões de pessoas morrem por ano em todo o mundo devido à poluição do ar e o setor de transportes está entre os principais poluidores.

A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2018) estima que na região das Américas morrem mais de 131 mil pessoas em países com níveis de renda baixos, e 96 mil nos países com altos níveis de renda, por causas de doenças vinculadas à poluição do ar; os idosos, as crianças e portadores de doenças crônicas pré-existentes são os grupos de risco mais suscetíveis.

Segundo dados da CETESB (2018) estima-se que no último ano na cidade de São Paulo foram emitidos cerca de 423 mil toneladas de Monóxido de Carbono (CO), 72 mil toneladas de Hidrocarbonetos-Não Metano (NMHC), 192 mil toneladas de Óxido de Nitrogênio (NOx), 5,4 mil toneladas de Material Particulado (MP), 15 mil toneladas de Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>) e 1,6 mil toneladas de Aldeídos, todos poluentes tóxicos, provenientes da frota de veículos do ciclo do diesel, circulantes na cidade.

Na região metropolitana de São Paulo são 47 mil indústrias e cerca de 100 mil estabelecimentos comerciais. Na última década, a população da capital paulista cresceu 12%, enquanto que a frota de automóveis teve um aumento de 65%, chegando a 7 milhões em março de 2017 – ou seja, um veículo para cada 1,5 pessoa. Essa avalanche de carros nas ruas está causando congestionamentos diários de mais de cem quilômetros nos horários de pico, intensificando a emissão dos poluentes que culminam no agravamento de doenças respiratórias como: rinite, sinusite e pneumonia (DENATRAN, 2018).

A exposição aos poluentes gasosos e MP (material particulado) provenientes da combustão do diesel, está associada a maior incidência de doenças respiratórias alérgicas como asma, rinoconjuntivite, além de prejudicar o desenvolvimento pulmonar de crianças e adolescentes (GONZÁLEZ-DÍAZ *et al.*, 2017).

Os números de internações por essas doenças registrados pelo SUS (2018) evidenciaram que a baixa umidade do ar em alguns meses do ano, relacionado à vasta emissão de poluentes pelas frotas regionais do ciclo do diesel, afetam diretamente os custos de internação por estas externalidades.

Neste cenário, a busca por um combustível que seja renovável, técnica e economicamente viável cresceu consideravelmente nos últimos anos em todo o mundo (BENVENGA *et al.*, 2016). Pesquisadores têm procurado alternativas de biocombustíveis, como álcool e biodiesel, porque eles são uma fonte importante para fornecimento de energia, principalmente como substitutos renováveis dos combustíveis fósseis (BENVENGA *et al.*, 2016). Os carros elétricos também configuram uma alternativa menos poluente, pois não emitem gases tóxicos.

Os benefícios ambientais resultantes das emissões inerentes ao uso de biodiesel em motores, em oposição aos do diesel de petróleo, são evidentes. O biodiesel é livre de enxofre, não tóxico e biodegradável, reduz a emissão de poluentes gasosos, reduz o aquecimento global, é economicamente competitivo e pode ser produzido por pequenas empresas. A produção também pode ser regionalizada e trazer ganhos econômicos às pequenas comunidades rurais (MIRANDA *et al.*, 2018). O biodiesel leva a uma redução de mais de 90% no total de hidrocarbonetos não queimados, emite 30% menos de CO (Monóxido de Carbono) e 50% menos fumaça (DATTA & MANDAL, 2016).

Por ser biodegradável pode ser obtido a partir de óleos vegetais, geralmente comestíveis; no entanto há uma crítica mundial, sobre produzir biodiesel por fontes alimentares, pois esses combustíveis concorrem em preço e produção, podendo elevar o seu preço e acesso à população, bem como impactar no aumento do cultivo agrícola da soja, que causaria desmatamentos em florestas tropicais (GIRAÇOL *et al.*, 2011; CASTANHEIRA & FREIRE, 2016).

Sendo assim, as gorduras residuais (óleos de fritura usados) e até mesmo o reaproveitamento da gordura animal, tem chamado a atenção de pesquisadores, como uma excelente alternativa para geração de biocombustível; pois a partir da reciclagem do óleo de fritura residual, reduziria a deposição incorreta deste dejeito no meio ambiente e permitiria a geração de uma fonte de energia renovável e menos poluente, trazendo um grande apelo ambiental (SILVA, 2011; HAJJARI *et al.*, 2017).

A viabilidade econômica de produzir biodiesel a partir de óleos de frituras residuais representa como uma de suas vantagens, o ponto de vista de dispensar uso de tecnologias para extração do óleo, por ser o óleo de soja uma matéria prima de baixo custo, por apresentar subproduto os, como a glicerina (que pode ser revendido e reutilizado em indústrias químicas e farmacêuticas); além dos benefícios ambientais; pois em geral o óleo descartado de forma incorreta, pode ocasionar graves danos ambientais, como a contaminação de lençóis freáticos.

Desta forma, o presente trabalho contribui para o estudo da viabilidade econômica, ambiental, social e de promoção de saúde; considerando a produção de biodiesel por meio da coleta de óleo de frituras usados nas residências e em restaurantes da cidade de São Paulo proporcionando um descarte ecologicamente correto desses óleos residuais, além de propor a substituição do diesel por biodiesel na frota de ônibus da cidade de São Paulo, como alternativa de reduzir a emissão de poluentes e contribuir positivamente na redução de custos com “*Health Care*” (casos de internações por doenças respiratórias).

## **1.1 Problema de Pesquisa**

Segundo Marconi & Lakatos (1999) todo problema de pesquisa deve apresentar 5 aspectos relevantes, como: viabilidade (pode ser eficazmente resolvido por meio da pesquisa), relevância (deve ser capaz de trazer conhecimentos novos), novidade (deve estar adequado ao estágio atual da evolução científica), deve apresentar exequibilidade (pode levar a uma conclusão válida) e oportunidade (atender os interesses particulares e gerais).

O presente trabalho visa atender o respectivo problema de pesquisa: É possível reduzir emissões de poluentes, números de internações por doenças respiratórias e seus custos no Sistema Único de Saúde, a partir do uso de biodiesel obtido por óleos de frituras residuais de residências e restaurantes, propondo seu uso na frota de ônibus da cidade de São Paulo?

Alguns trabalhos relacionados na literatura, como o de Sharma & Singh (2008) relataram que o biodiesel por ser um combustível renovável, pois emitem menos poluentes na forma de óxidos de azoto, óxidos de enxofre, carbono, dióxido de carbono, monóxido de carbono, chumbo, hidrocarbonetos, etc, com menor emissão de gases de escape, durante o dia.

Já o trabalho de Pardo *et al.* (2013) avaliaram o uso potencial do biodiesel produzido a partir de resíduos de óleo de cozinha no México e observaram que seu potencial de redução de emissões de CO<sub>2</sub> para os transportes urbanos reduziram em mais de 20% este poluente.

Raghu *et al.* (2011) afirmaram que os biocombustíveis dos resíduos de óleo de fritura têm um papel importante para economia de baixo carbono.

Portanto a maioria dos trabalhos pesquisados responderam apenas a uma das lacunas da questão de pesquisa, relativas à produção de biodiesel a partir de óleos de frituras residuais, associando seu uso a baixa emissão de poluentes. A lacuna explorada neste trabalho associa a baixa emissão de poluentes proveniente do biodiesel obtido por óleos de frituras residuais, como também a redução dos casos de doenças respiratórias provenientes dessas emissões e os custos de internações no SUS (Sistema unico de saúde); além de mensurar os ganhos ambientais, sociais e econômicos gerados por este biodiesel e pelos seus subprodutos.

## 1.2 Justificativa

A poluição do ar no município de São Paulo atingiu níveis duas vezes superiores ao recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e trouxe à tona a preocupação dos paulistanos com os efeitos causados na qualidade de vida da população.

De acordo com a CETESB (2018) a cidade de São Paulo atingiu valores superiores aos 20 µg/m<sup>3</sup> de MP<sub>2,5</sub>, quando o limite é de 10 µg/m<sup>3</sup> e como estas partículas têm o maior potencial de afetar diretamente os pulmões, logo a saúde dos paulistanos estará afetada pela péssima qualidade do ar que respiram.

A LEI Nº 12.187- 29/12/2009 estabeleceu a Política Nacional sobre Mudança do Clima, incluindo estratégias para tentar conter a poluição atmosférica. Pelas regras, o volume de gases lançados no ar teria de ser reduzido em 30%, até o ano de 2015.

De acordo com Pereira (2016) e Kumar *et al.* (2016), no caso de São Paulo, a meta deveria ter sido cumprida até 2012, entretanto, além de não ter sido cumprida, as emissões superaram a meta em 9% de emissões. Outras medidas previstas na política eram a criação da inspeção veicular, a adoção de melhorias no transporte público e o uso de combustíveis mais limpos nos mesmos uma vez que a expansão da frota de veículos na capital é um dos principais entraves para limpar o ar de São Paulo.

Como se percebe, parece não haver solução para o problema da redução das substâncias tóxicas no ar de São Paulo devido às emissões gasosas dos escapamentos de veículos que só tendem a elevar, já que a frota da cidade aumenta constantemente. Desta forma, uma provável solução, menos impactante do que remover os veículos da cidade que mais poluem, seria a substituição dos combustíveis fósseis por combustíveis que não poluam. Para o caso dos automóveis flex (que representam mais de 30% da frota do Estado de São Paulo) (KUMAR *et al.*, 2016), o álcool etílico está cumprindo a sua parte, mas para o caso de caminhões, ônibus e máquinas a alternativa usada é apenas paliativa, já que até o momento, só está sendo usado 10% de biodiesel adicionado óleo diesel.

Diversos estudos comprovam a associação dos poluentes atmosféricos com doenças do aparelho respiratório, principalmente associadas ao aumento do tráfego nas regiões da cidade de São Paulo e ao perfil climático da cidade, que circunda entre tropical úmido (outubro a abril), estações secas (maio a setembro); sendo que Janeiro e Junho são os meses mais quentes e mais frios do ano, respectivamente. Os meses mais secos e com menos chuvas contribuem para concentração dos poluentes e aumentam a incidência de doenças respiratórias (PACHECO *et al.*, 2017).

A substituição do óleo combustível pelo biodiesel obtido por óleos de frituras usados seria uma alternativa correta, já que as emissões seriam reduzidas de forma parcial e significativas (ou zerada para o caso do SO<sub>2</sub>), além de permitirem a troca automática dos combustíveis, sem uma necessidade de modificação nos motores dos veículos; conseqüentemente, a qualidade do ar da cidade seria melhorada e com ela a qualidade de vida dos cidadãos paulistanos (PACHECO *et al.*, 2017).

Para obtenção dos óleos de frituras usados como matéria prima essencial do biodiesel, ressalta-se que o processo de fritura constitui uma das formas mais rápidas de preparo de alguns alimentos (tanto nos restaurantes quanto nas residências), isso proporciona um aumento de seu consumo e também o aumento na quantidade de óleos de frituras residuais e gorduras residuais provenientes deste processo (OLIVEIRA & COELHO, 2017).

Os resíduos de óleo de cozinha das residências, comércio e indústria são potenciamente poluentes quando descartados indevidamente, porque um litro de óleo de cozinha pode contaminar até 20.000 L de água, isso requer alternativas que possibilitem sua reciclagem, promovendo um equilíbrio entre as necessidades do meio ambiente, da economia e da

sociedade (MIRANDA *et al.*, 2018). No Brasil há uma grande deficiência de tratamento de esgotos nas cidades, o que faz com que o óleo descartado de forma indevida atinja rios e as represas das cidades, prejudicando organismos aquáticos importantes na cadeia alimentar.

Além disso, quando o óleo atinge o solo, acaba o impermeabilizando o que dificulta o escoamento da água da chuva, causando enchentes (OLIVEIRA & COELHO, 2017).

É importante haver a conscientização da população para evitar o descarte do óleo no lixo comum. Uma conclusão é consensual, hoje não existe um modo de descarte ideal para o óleo usado. Seja misturado ao lixo orgânico, seja jogado na pia ou no ralo, o produto vai gerar custos e prejuízos ao meio ambiente (OLIVEIRA & COELHO, 2017).

As contribuições práticas apresentadas neste trabalho, elucidam que é possível a produção de uma quantidade satisfatória de biodiesel obtido por óleos de frituras residuais para suprir toda frota de ônibus da cidade de São Paulo, evidencia a importância da implementação de um projeto estruturando a logística reversa na coleta dos óleos residuais, com a participação ativa dos governantes e da população trazendo os ganhos associados à produção do biodiesel no tripé da sustentabilidade e propõe redução de custos na área da saúde. Apresenta os lucros advindos da produção de biodiesel obtido por óleos residuais, redução de custos com hospitalização por doenças respiratórias, e estima quanto a prefeitura de São Paulo lucraria aderindo este projeto. Já as contribuições teóricas deste trabalho visam abrir caminhos para implementação de novas tecnologias para geração do biodiesel, bem como elucidam a necessidade de legislações específicas que controlem de maneira mais rigorosa a emissão de poluentes, e que responsabilize os geradores de resíduos, além de mostrar a importância do envolvimento da população neste processo.

Desta forma, o presente trabalho visa estimar a produção de biodiesel a partir dos óleos de fritura residuais obtidos de restaurantes e residências da cidade de São Paulo, a fim de favorecer uma logística reversa que converta a benefícios sociais, econômicos e ambientais, propõe também uma alternativa de substituição do diesel usado nas frotas de ônibus da cidade de São Paulo, por este biodiesel, possibilitando a redução da emissão de poluentes, os custos e números de internações por doenças respiratórias no SUS causadas por essas externalidades.

## 1.3 Objetivos

### a. Objetivo Geral

Demonstrar que a produção de biodiesel a partir dos óleos de fritura usados é ambientalmente, economicamente e socialmente viável, focando principalmente numa proposta de substituição do óleo diesel da frota (ônibus, caminhões e máquinas) da cidade de São Paulo pelo biodiesel como uma forma de prevenir doenças respiratórias causadas pelas emissões do combustível fóssil e reduzir os custos de internação por estas externalidades.

### b. Objetivos Específicos

- Entrevistar os gerentes de restaurantes e residentes em São Paulo, com a finalidade de mensurar o consumo médio de óleo mensal, a forma como descartam esse óleo e avaliar o nível de conhecimento sobre impactos ambientais;
- Tratar os dados estatisticamente para se obter a quantidade média de óleo usada em São Paulo e a partir dela se calcular a quantidade de biodiesel que pode ser produzida mensalmente;
- Coletar dados mensais sobre as emissões de gases poluentes e dados sobre internação e os custos associados às doenças respiratórias;
- Predizer a quantidade de gases poluentes que deixariam de ser emitidos ao se substituir o óleo diesel pelo biodiesel advindo de óleos residuais;
- Comparar os resultados das emissões de poluentes monitoradas no período mensal com os índices de qualidade do ar da CETESB e com os padrões de referências sugeridos pela legislação CONAMA (28/06/1990) e pela OMS, indicadas como limites para a manutenção da saúde humana;
- Prever a quantidade de pessoas que deixariam de ser internadas devido à redução das emissões de poluentes (pelo uso do biodiesel);
- Calcular a redução dos custos com as internações devido às doenças respiratórias causadas por poluentes;
- Realizar a contabilização dos custos ambientais da produção do biodiesel, fazendo associações de aspectos econômicos, ambientais e sociais.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**



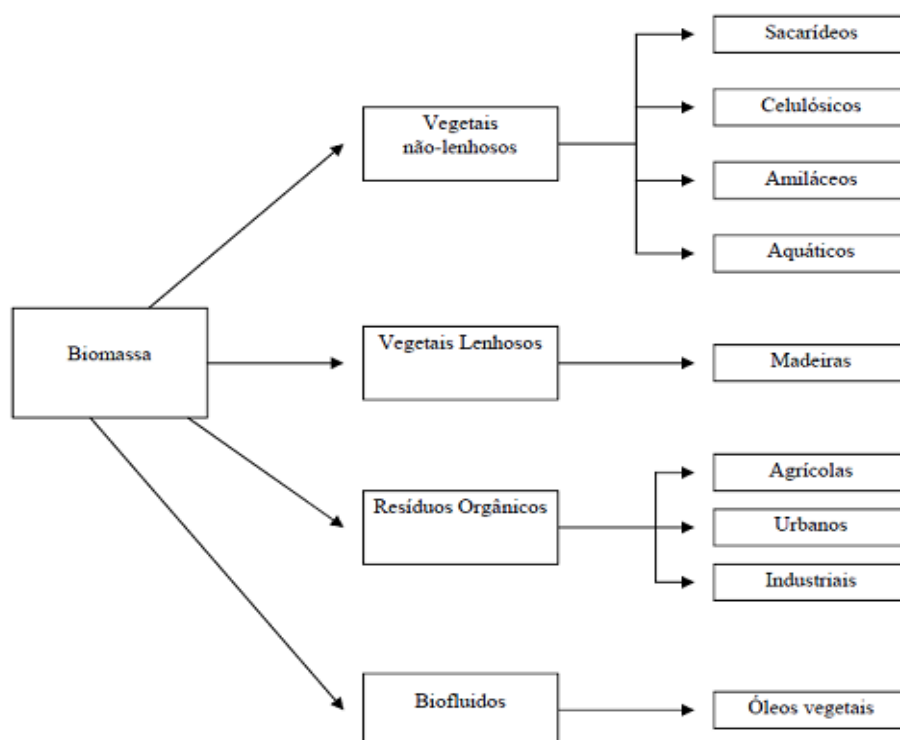
## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Biocombustíveis

Os biocombustíveis são produzidos a partir da biomassa (matéria orgânica), fontes renováveis como: óleos residuais, gorduras animais e óleos vegetais; a seleção de matérias-primas para a produção de biodiesel é baseada invariavelmente na economia e na garantia de qualidade do produto (OLIVEIRA & COELHO, 2017).

As fontes mais conhecidas de Biomassa para produção de Biodiesel são cana de açúcar, milho, soja, semente de girassol, madeira, celulose e gordura animal (sebo). A partir destas fontes é possível produzir biocombustíveis como álcool, etanol e biodiesel (PETROBRÁS, 2017). A Figura 1 expõe as diferentes fontes de biomassa para produção de Biocombustíveis.

Figura 1 - Tipos de biomassa para produção de Biocombustíveis.



Fonte: Ministério de Minas e Energia. (2018).

O biocombustível obtido de biomassa sólida, como lenha ou carvão vegetal, ou líquidos, como o bio-etanol produzidos de cana-de-açúcar, óleo de dendê ou biodiesel produzido pela esterificação de óleos vegetais com metanol ou etanol, pode ter várias justificativas

econômicas, sociais e ambientais; bem como as crises de petróleo incentivaram o desenvolvimento de processos de transformação de óleos e gorduras em derivados com propriedades físico-químicas mais próximas às dos combustíveis fósseis, objetivando a substituição total ou parcial destes (NAIK *et al.*, 2010).

Os biocombustíveis, incluindo o biodiesel, são classificados com base em suas matérias-primas e tecnologias de produção. A Tabela 1 exemplifica as diversas formas de produção de Biocombustíveis (SAJJADI *et al.*, 2016; HAJJARI *et al.*, 2017).

Tabela 1 - Fontes e Métodos de obtenção de Biodiesel

<b>Biocombustível</b>	<b>Matéria Prima</b>	<b>Processo de Obtenção</b>	<b>Composição Química</b>
Álcool	Açúcares (glicose, amido, celulose).	Fermentação Anaeróbica	Etanol
Biogás	Todo tipo de Biomassa	Fermentação Anaeróbica	Hidrocarbonetos Leves
Biogás de Síntese	Biomassa em Geral	Gaseificação	Mistura de Vários Gases (Monóxido de Carbono e Hidrogênio)
Biodiesel	Óleos e Gorduras	Esterificação ou Transesterificação	Mono-ésteres de ácido graxo
Bioóleo	Óleos e Gorduras	Craqueamento ou Hidrocraqueamento	Mistura de Hidrocarbonetos e Compostos Oxigenados

Fonte: Adaptado de Goldemberg (2009).

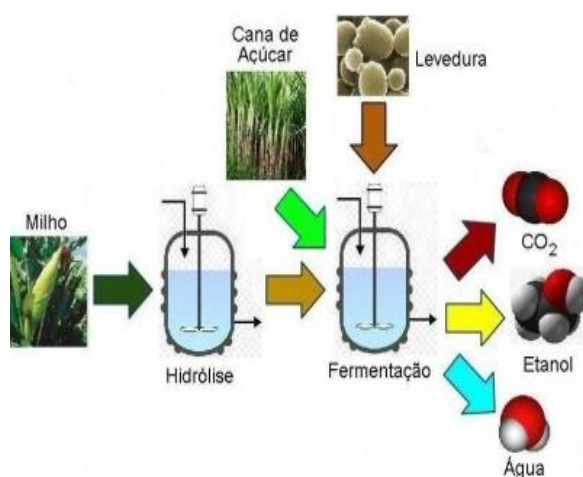
Segundo Cremonez *et al.* (2015), devido a grande capacidade de produção instalada e condições favoráveis em matérias-primas, o Brasil pode se tornar um ponto de referência para produção de biocombustíveis e, juntamente com seus motivos nobres na produção, também para outras formas de combustível, como bioquerosene e o biocombustível de aviação.

#### **a. Gerações de biocombustíveis**

A primeira geração de biocombustíveis (álcool e biodiesel) são derivados de culturas alimentares como por exemplo milho, trigo, beterraba de açúcar, bem como as sementes de

oleaginosas. Estes são os principais tipos de biocombustíveis produzidos e utilizados nos automóveis e no transporte urbano. Porém o desenvolvimento da 1ª geração biocombustíveis também está ocorrendo à custa do encolhimento da área de terra dedicada ao cultivo de culturas alimentares. Assim, muitos estudos têm retratado a produção de biocombustíveis como o principal culpado pelo aumento do preço da safra comercializada. (HAJJARI *et al.*, 2017; VERMA *et al.*, 2016). Esta foi a principal força motriz para a migração de biodiesel à base de alimentos (primeira geração) para as próximas gerações; a concorrência entre combustíveis e alimentos/ração sobre as colheitas, terras aráveis limitadas e água doce (VERMA *et al.*, 2016; HAJJARI *et al.*, 2017). A Figura 2 ilustra a produção de biocombustíveis de primeira geração.

Figura 2 – Biocombustíveis de primeira geração



Fonte: Scientia - acesso em 10/2018

A segunda geração de biocombustíveis inclui as plantas herbáceas e lenhosas, resíduos agrícolas e resíduos florestais, resíduos municipais e industriais, resíduos de processo, resíduos orgânicos, etc. Essas matérias-primas são principalmente obtidas a partir de resíduos agrícolas que consistem em celulose, hemicelulose e lignina (NAIK *et al.*, 2010). No entanto, a biomassa lignocelulósica aparece em diversas características físicas e composições químicas e precisa ser pré-tratada antes de ser convertida em biocombustível (AGBOR *et al.*, 2011). A Figura 3 ilustra a produção de biocombustíveis de segunda geração.

Figura 3 – Biocombustíveis de segunda geração

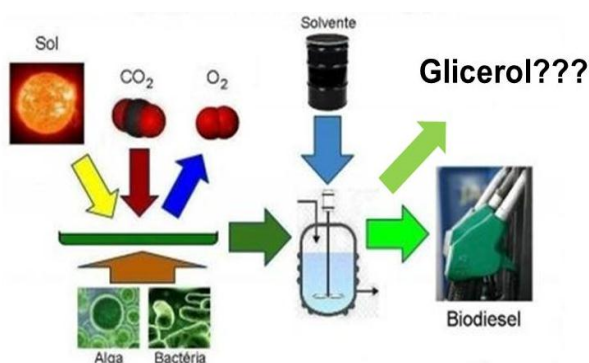


Fonte: Scientia - acesso em 10/2018

De acordo com Dermibas (2011), biocombustíveis de terceira geração são derivados de algas que também são conhecidos como Oilgae. Naik *et al.* (2010), relataram que as algas aparecem como uma das maiores fontes fotossintetizantes e são eficientes em comparação com outras matérias-primas (culturas energéticas); pois convertem a energia solar em energia química; e armazenam a energia sob a forma de óleos, hidratos de carbono e proteínas.

Algumas microalgas (por exemplo, *Spirulina maxima*) são ainda capazes de acumular proteínas e carboidratos até 71%; e 16%, que são utilizados como fonte de carbono para fermentação e produção de biocombustível (HARUN *et al.*, 2010). A Figura 4 ilustra a produção de biocombustíveis de terceira geração.

Figura 4 – Biocombustíveis de terceira geração

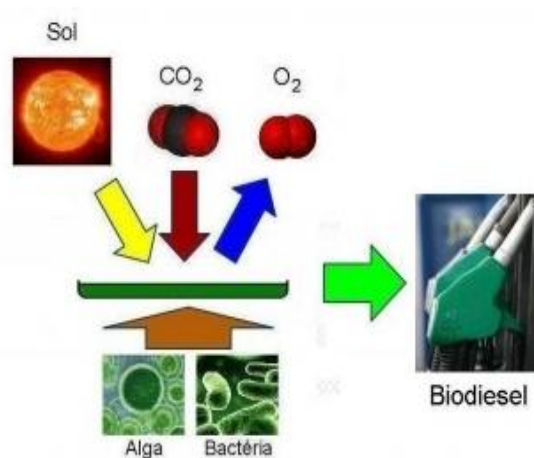


Fonte: Scientia - acesso em 10/2018

Para a quarta e última geração de biocombustível, utiliza-se a tecnologia avançada de processamento, a base de petróleo e bioquímica, onde são empregadas técnicas de mistura de micróbios geneticamente modificados com resíduos de CO<sub>2</sub> na presença de luz solar para produzir o biocombustível carbono negativo, isto é, biodiesel e álcool (LU., 2011).

A Figura 5 ilustra a produção de biocombustíveis de quarta geração.

Figura 5 – Biocombustíveis de quarta geração



Fonte: Scientia - acesso em 10/2018

## 2.2 Tipos de biocombustíveis

### a. Álcool Produzido por Cana de Açúcar

A utilização massiva de bioetanol como biocombustível avançou no Brasil. O álcool etílico anidro foi adicionado à gasolina como oxigenante, tornando-se a mistura compulsória a partir de 1938 (ANP, 2017). Em 1975, com o lançamento do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), a percentagem de álcool anidro misturado à gasolina aumentou significativamente e o álcool etílico hidratado passou a ser utilizado em veículos cujos motores foram especialmente desenvolvidos. Desde o lançamento deste programa a produção de álcool no país aumentou de 700 milhões de litros, em 1975, para 15 bilhões de litros na colheita de 2004 / 2005. O Etanol responde por quase a totalidade do consumo do produto fabricado no país, como resultado do menor custo ao consumidor, quando comparado com a gasolina, cujo preço está sujeito à instabilidade da oferta de petróleo no mercado internacional (RICO & SAUER, 2015). Possui balanço energético positivo, no Brasil

abastece cerca de 40% dos veículos da frota automotiva de passeio urbano e recebe o apoio de políticas governamentais (DIAS *et al.*, 2015).

Globalmente existem oportunidades para expandir a produção de etanol da cana-de-açúcar, são quase 100 países produtores de cana-de-açúcar com as tecnologias de conversão disponíveis. Além disso, a experiência brasileira sugere que os impactos ambientais adversos associados com a produção em larga-escala de etanol da cana-de-açúcar podem ser significativamente mitigados (DIAS *et al.*, 2015).

O etanol é obtido por fermentação de biomassa, ou seja, por um processo biológico anaeróbico que converte os açúcares em álcool, utilizando majoritariamente leveduras, em que a maior parte delas pertence à espécie *Saccharomyces cerevisiae*. Os substratos são plantas com elevado teor de açúcar (cana de açúcar, etc.), ou com elevado teor de amido (milho, batatas, cereal) ou plantas celulósicas (madeira, palha). As plantas com elevado teor em açúcar são as mais interessantes porque a solução inicial pode ser gerada diretamente através de esmagamento mecânico, sendo depois fermentada e a água e o álcool produzidos separados por destilação (COSTA, 2017).

A liderança na geração deste biocombustível é dos Estados Unidos. No entanto, diferentemente do Brasil, eles produzem etanol tendo como matéria-prima o milho. Também é referência na fabricação de etanol países como o Canadá, que faz uso do trigo e do milho, a China que utiliza mandioca, sorgo e milho, a Índia, usando cana-de-açúcar e a Colômbia, que também produz com cana-de-açúcar. No Brasil, os 10 estados considerados maiores produtores de etanol são: 1º São Paulo, 2º Goiás, 3º Minas Gerais, 4º Mato Grosso do Sul, 5º Paraná, 6º Mato Grosso, 7º Alagoas, 8º Pernambuco, 9º Paraíba e 10º Espírito Santo (PETROBRÁS, 2018).

#### **b. Biogás a partir de compostagem**

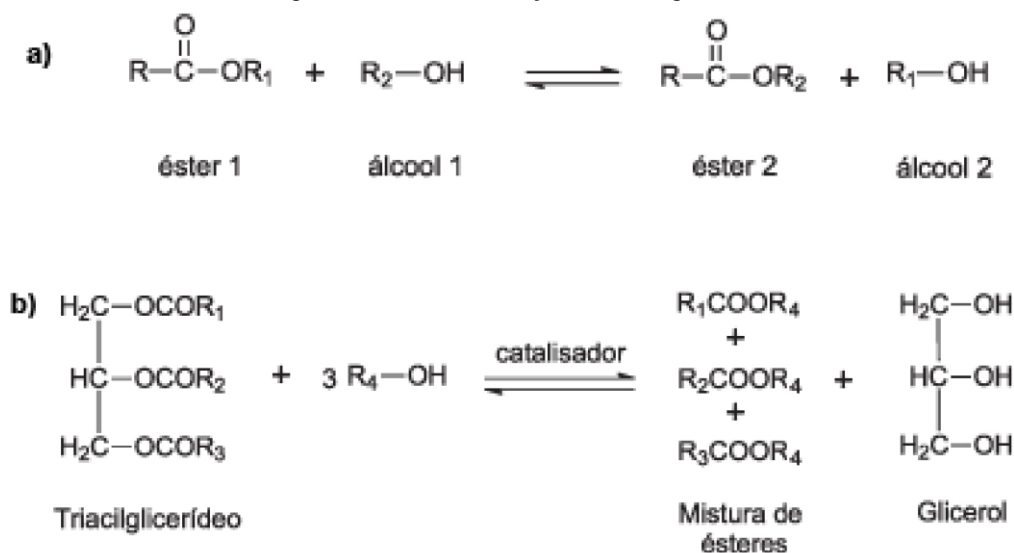
O biogás é um gás combustível produzido a partir de biomassa de resíduos que são biodegradáveis. Sua purificação gera gás natural para utilização como biocombustível. É constituído pela seguinte mistura de componentes: metano (50 - 75 %), dióxido de carbono (20 - 45 %), ácido sulfídrico, cujo teor varia com o teor em sulfato do substrato e outros componentes residuais (COSTA, 2017).

A energia do biogás da degradação anaeróbica em aterros sanitários, estações de tratamento de esgoto, e terrenos de tratamento de estrume é considerada uma opção de baixo custo, uma vez que pode se beneficiar de créditos de carbono disponíveis através do MDL (mecanismo de desenvolvimento limpo). Essa forma de energia de biomassa não só substitui a combustão de combustíveis fósseis, mas reduzem as emissões de metano, um gás de efeito-estufa mais potente do que o dióxido de carbono (GOLDEMBERG, 2009).

### 2.3 Biodiesel

Pela lei 11.097, de 13.01.2005, o Biodiesel é um produto para uso em motores de combustão capaz de substituir parcial ou totalmente os combustíveis de origem fóssil, sendo constituído por uma mistura de ésteres de ácidos graxos através da reação de transesterificação de triglicerídeos com álcool (metanol ou etanol) na presença de um catalisador, tendo a seguinte proporção de componentes: 87%, óleo vegetal; 12%, álcool e 1%, catalisador, conforme demonstrado na Figura 6. O produto resultante deste processo tem a seguinte composição: 86% de óleo biodiesel; 9% de glicerina; e 5% de álcool reprocessado.

Figura 6 - Reação de transesterificação. A, Equação geral para uma reação de transesterificação. B, Equação geral da transesterificação de um triglicerídeo.



Fonte: MDA- Ministério de Desenvolvimento Agrário, (2016).

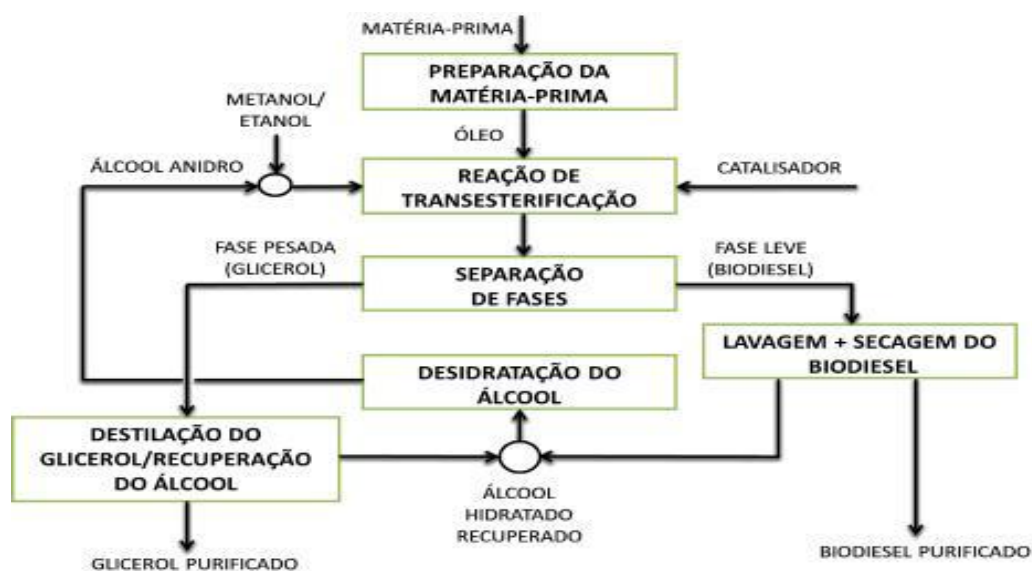
A reação de transesterificação pode ser realizada com vários tipos de álcoois, preferencialmente os de baixo peso molecular, sendo os mais utilizados, o álcool metílico e

etílico. Freedman *et al.* (1986) demonstraram que a reação com o metanol apresenta maior viabilidade do que com o etanol, por ter maior rendimento. O etanol pode ser utilizado, desde que anidro (com teor de água inferior a 2%), visto que a água atuaria como inibidor da reação. A glicerina é o subproduto desta reação e sua separação é obtida com simples decantação, no caso da síntese do éster metílico, bem mais facilmente do que com éster etílico, processo que requer número maior de etapas.

Quanto ao catalisador, a reação pode utilizar os do tipo ácido ou álcali, ou ainda pode ser empregada catálise enzimática. Entretanto, geralmente a reação empregada na indústria, é feita com catalisador alcalino, por ter melhor rendimento e menor tempo de reação quando comparado aos catalisadores ácidos. Também apresenta-se como menos corrosiva (CASTELANELLI, 2008).

A Figura 7 estabelece um fluxograma do processo de produção do biodiesel a partir de óleos e gorduras ricas em triglicerídeos, principal matéria-prima para obtenção deste combustível, pelo processo de transesterificação.

Figura 7 – Fluxograma da obtenção de Biodiesel pelo processo de Transesterificação



Fonte: PNB- Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, 2016.

Embora existam diversas matérias primas envolvendo tanto os óleos vegetais, como os de dendê, copaíba, amendoim, soja, algodão, abacate e mamona; quanto às gorduras animais e os resíduos gordurosos, a experiência internacional na produção industrial tem recaído



sobre o uso de óleo de soja, girassol e de colza. Mesmo com esta diversidade de insumos, já existe referência internacional para caracterizar suas propriedades, com destaque para a norma Européia EN 14.214, e a norma Norte Americana ASTM D 6751-02 (PARENTE, 2003).

#### **a. Biodiesel obtido a partir de algas**

De acordo com Islam *et al.* (2017) a matéria-prima de microalgas é reconhecida como um dos recursos mais promissores para a produção de triglicerídeos, posteriormente convertido em biodiesel. No entanto, a tecnologia de larga escala necessária para gerar biodiesel a partir de microalgas ainda está em seus estágios iniciais de desenvolvimento. Pesquisas com microalgas até hoje podem ser colocadas em quatro categorias: (i) crescimento, (ii) colheita, (iii) extração de óleo e (iv) estudo das propriedades de combustível para desempenho do motor e emissões. O mesmo estudo demonstrou uma redução significativa na emissão de motores em termos de material particulado e Hidrocarbonetos.

Bastianonni (2008) informou que as microalgas são consideradas como uma das mais promissoras matérias-primas para a futura produção de biodiesel na Índia. As vantagens de utilizar as microalgas são sua alta disponibilidade, com maior rendimento do óleo. Já a dificuldade em produzir um biodiesel eficiente a partir de algas encontra-se não só na extração do óleo, mas também no desenvolvimento de uma estirpe de algas com um teor de lípidos e com rápido crescimento.

#### **b. Biodiesel obtido por gorduras animais**

A possibilidade de utilizar sebo bovino na geração de energia, leva aos conceitos de sustentabilidade e produção mais limpa, através da utilização de um material normalmente descartado em açougues (TEIXEIRA *et al.*, 2010).

Bankovic-illi *et al.* (2014) enfatizaram que sebos comestíveis e não comestíveis são matérias-primas confiáveis e de baixo custo para produção de biodiesel que, devido à sua geração altamente centralizada no abate / processamento, podem contribuir na produção de energia, com vantagens econômicas a serem exploradas.

Sander *et al.* (2018) produziram Biodiesel a partir de cinco tipos de resíduos de gordura animal: vitela e sebo bovino, banha de porco, frango e gordura de ganso, por meio de transesterificação química catalisada por catalisador alcalino. Devido ao fato da presença de

impurezas influenciarem negativamente a qualidade do biodiesel, os biodiesels brutos foram purificados. Como resultado constatou-se que estavam dentro das especificações além de ter sido aproveitada a glicerina como subproduto.

Öner e Altun (2009) produziram um combustível substituto para motores a partir de sebo animal não comestível e sua usabilidade foi investigada como biodiesel puro e suas misturas com diesel num motor a diesel. As emissões de monóxido de carbono (CO), óxidos de azoto (NO<sub>x</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e opacidade foram reduzidas, em caso de ésteres metílicos de sebo (B100) em comparação com combustível diesel.

Mata (2010) evidenciou a produção de biodiesel a partir de três tipos de gorduras animais resíduos (sebo, banha e gorduras de aves) e também constatou a redução de emissão de poluentes relacionados a MP.

Teixeira *et al.*(2010) comprovaram que sebo de vaca e sebo bovino, podem ser adicionado ao combustível diesel para ser queimado em motores de combustão. Estes compostos têm uma capacidade oxidativa que é útil para melhorar o desempenho do motor, mas essa capacidade só lhe dá uma vantagem quando a proporção da mistura não é superior a 15%. Mas o uso de biodiesel puro com sebo bovino (B100) promove uma diminuição na emissão de 7,9 % de NO.

### **c. Biodiesel obtido por óleos vegetais**

No Brasil e em vários países do mundo, beneficiam-se os óleos de vegetais obtidos da pupunha, soja, baga da mamona, dendê, babaçu, amendoim, amêndoa, semente de girassol, amêndoa do coco da praia, caroço de algodão, semente de canola, semente de maracujá, polpa de abacate, caroço de oiticica, semente de linhaça, semente de tomate e de nabo forrageiro (PETROBRÁS, 2018). O processamento da matéria-prima para sua conversão em biodiesel visa criar melhores condições para a efetivação da reação química, obtendo-se máxima taxa de conversão. No caso da biomassa rica em óleo vegetal o primeiro passo é a obtenção do óleo que pode ser feita por meio de extração mecânica (esmagamento), extração com solvente e/ou extração mista (PARENTE, 2003), conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Forma de Extração do Óleo e situação recomendada

Forma de extração do óleo	Situação recomendada	Teor de óleo	Matérias-primas típicas
Mecânica	Pequenas e médias capacidades, normalmente abaixo de 200 toneladas de grãos por dia.	Alto (> 35% em peso)	Mamona, amendoim, babaçu.
Por Solvente	Grandes capacidades, normalmente acima de 300 toneladas de grãos por dia.	Baixo (< 25% em peso)	Soja
Mista	Médias e grandes capacidades, normalmente acima de 200 toneladas de grãos por dia.	Médio (entre 25% e 35% em peso)	Mamona, amendoim, babaçu, girassol, algodão.

Fonte: Parente (2003).

O Brasil aproveita apenas metade de sua capacidade instalada para a produção de biodiesel, e esta situação aumenta as perspectivas de utilização de novas fontes para atender as necessidades de matéria-prima dessas plantas produtivas.

#### **d. Biodiesel a partir de óleos de frituras residuais.**

Conforme afirmado por Naylor e Higgins (2017), na situação atual, não é fácil manter a política econômica de investir em biocombustíveis, como o biodiesel. No Brasil, por exemplo, a corporação Petrobras teve que reajustar preços domésticos de combustíveis para recuperar as perdas da empresa causadas pela queda dos preços de exportação de petróleo, especialmente quando comparado ao preço do biodiesel no Brasil.

A necessidade de analisar e aproveitar matéria-prima potencial para produção de biodiesel é articulada sobre o fato de o diesel de petróleo ser esgotável (Uddeen *et al.*, 2012). Estudos apontados por Ahmad *et al.* (2011) indicam escassez e esgotamento das fontes de combustíveis fósseis estimado em 41 anos para efeitos adversos sobre o ambiente como consequência da sua utilização.

Sendo assim o biodiesel obtido através de óleos de frituras residuais não apenas permite aproveitar os recursos energéticos, como polpar os recursos naturais não renováveis. Os óleos e gorduras residuais, resultantes de processamento doméstico, comercial e industrial são excelentes fontes para obtenção de Biodiesel. Os óleos de frituras representam grande potencial de oferta (YAAKOB *et al.*, 2013).

Pleanjai *et al.* (2009) enfatizaram que o Biodiesel como combustível alternativo para transportes na Tailândia, pode ser produzido por resíduos de óleos após sua utilização no cozimento; tais óleos serviriam de matéria prima para o biodiesel, resolvendo a questão da deposição inadequada e mostraram uma redução de 93% da emissão de poluentes, contribuindo para a redução do aquecimento global.

Estudo realizado por Lee & Saka (2010), avaliaram a eficiência do Biodiesel produzido por resíduos de óleos de fritura na cidade de Singapura, relacionando a baixa emissão de enxofre em favorecimento às questões de aquecimento global. Constatou-se através deste estudo a redução significativa de  $MP_{2,5}$  e  $MP_{10}$  de 99,9%; comprovando também sua eficiência energética para motores de transportes urbanos, através de um baixo consumo aliado a uma autonomia de quilometragem satisfatória.

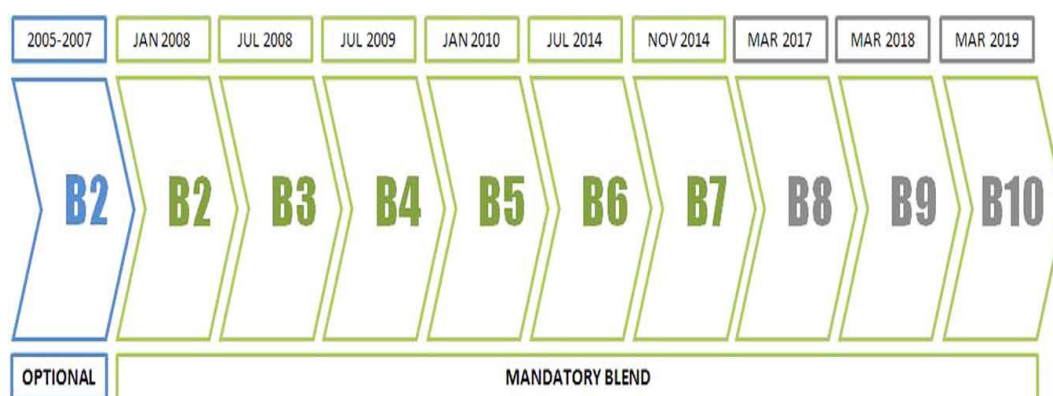
## **2.4 Cenário mundial do biodiesel versus cenário brasileiro**

A União Europeia foi durante anos a grande responsável pela maioria da produção regional de biodiesel correspondendo a cerca de 42% da produção mundial (cerca de 10,5 bilhões de litros). Já a produção de biodiesel nos Estados Unidos aumentou rapidamente, representando 17% do total mundial, para um capacidade instalada de quase 8,5 bilhões de litros (RICO & SAUER, 2015). A Tailândia realizou um aumento de 30% na produção de etanol e biodiesel em 2013, sendo que o biodiesel proveniente dos óleos residuais servem para gerar eletricidade no país. Na China, a demanda por biocombustíveis foi impulsionada em parte por incentivos fiscais e empresariais, pois o país complementa sua pequena produção nacional anual de menos de 0,2 bilhões de litros de biodiesel com cerca de 1,9

bilhão de litros de combustível importado. A Indonésia, por exemplo, aumentou sua produção de biodiesel consideravelmente desde 2013 como resultados de políticas nacionais de biocombustíveis, colocando o país entre os maiores produtores atualmente (OLIVEIRA & COELHO, 2017).

No Brasil, o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) foi lançado oficialmente em 2004 tendo entre seus principais objetivos a diversificação de matérias-primas e a desregionalização, a introdução da agricultura familiar no processo de produção deste biocombustível e a inserção do biodiesel como fonte de energia na Matriz Energética Brasileira (MEB) (PNPB, 2018). O governo definiu inicialmente as seguintes metas para o programa: entre 2005 e 2007, foi autorizado o uso de 2% de mistura de biodiesel no óleo diesel oriundo do petróleo. No entanto, estes 2%, chamado biodiesel (B2) passaram a ser obrigatórios em todo o território nacional entre 2008 e 2012; e de 2013 em diante, tornou-se obrigatório o uso de 5% (B5) de Biodiesel no óleo diesel mineral. A previsão para o aumento gradativo da mistura, de acordo com a Lei nº 13.263/2016 que alterou a Lei nº 13.033/2014, determinou um cronograma a partir de 2017, conforme apresentado na Figura 8. (ANP, 2018).

Figura 8 - Percentagens de Biodiesel adicionados ao Diesel



Fonte: Adaptado de ANP (2018).

Como o governo previa também que estes percentuais poderiam sofrer alterações e antecipações, dependendo da capacidade produtiva instalada, da produção de matérias-primas e do comportamento da demanda, em Março de 2018 foi aprovada esta antecipação de cronograma, que autoriza o uso de 10% de Biodiesel a mistura de Diesel, chamado B10.

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2018), com a antecipação, a expectativa é que demanda pelo biodiesel cresça em 1 bilhão de litros neste ano. A estimativa de consumo é de 5,3 bilhões de litros em 2018. A adoção do novo percentual no mês de março

de 2018 coincide com o início da safra da soja (principal matéria-prima), melhor período em termos de abundância de oferta. A medida também abre espaço para a redução das importações de óleo diesel, agrega valor na agroindústria do biodiesel, com relação direta com outras agroindústrias (grãos, oleaginosas, carnes) e induz a melhora da pauta de exportação do agronegócio (produtos processados ao invés de *in natura*).

Desde o início do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), o Brasil produziu 8,2 milhões de m<sup>3</sup> de biodiesel. O programa, durante os 7 primeiros anos, reduziu as importações de diesel em um montante de US\$ 5,3 bilhões, contribuindo positivamente para a balança comercial brasileira. Mas essa é apenas uma parte da vantagem econômica, pois temos que considerar também o agronegócio vinculado ao biodiesel, que abrange a produção de matérias-primas e insumos agrícolas, assistência técnica, financiamentos, armazenagem, processamento, transporte, distribuição, etc. Juntas, essas atividades geram efeitos multiplicadores sobre a renda, emprego e base de arrecadação tributária e alavancam o processo de desenvolvimento regional, o que pode ser potencializado, em médio prazo, com as exportações desse novo combustível (OLIVEIRA & COELHO, 2017).

## **2.5 Biodiesel, meio Ambiente e sociedade**

A produção sustentável de biocombustíveis pode representar um importante vetor de criação de empregos, que são uma variável chave para a promoção do desenvolvimento social rural.

Dados do Ministério do Desenvolvimento Agrário (2018) estimam que a cada 1% de substituição de óleo diesel por biodiesel produzido com a participação da agricultura familiar, pode gerar cerca de 45 mil empregos no campo, com uma renda média anual de aproximadamente R\$4.900,00 por emprego. Admitindo-se que para 1 emprego no campo são gerados 3 empregos na cidade, seriam criados, então, 180 mil empregos.

Além disso, é importante destacar o papel desempenhado pelo Selo Combustível Social (SCS), que é concedido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário as usinas que trabalham em parcerias com os agricultores familiares. A produção de oleaginosas em lavouras familiares faz com que o biodiesel seja uma alternativa importante para a erradicação da miséria no país, pela possibilidade de ocupação de enormes contingentes de pessoas. Na

região semi-árida nordestina vivem mais de 2 milhões de famílias em péssimas condições de vida (COSTA, 2017).

A inclusão social e o desenvolvimento regional, especialmente via geração de emprego e renda, devem ser os princípios norteadores básicos das ações direcionadas ao biodiesel, o que implica dizer que sua produção e consumo devem ser promovidos de forma descentralizada e não excludente em termos de rotas tecnológicas e matérias-primas utilizadas (COSTA, 2017).

Comparando o biodiesel obtido de óleos comestíveis (soja, milho, azeite, etc.) com os biodieseis obtidos a partir destes mesmos óleos, mas já usados em frituras (rejeitos), as vantagens são: não haverá competição entre o preço do óleo comestível com o biodiesel (como ocorre com o açúcar e o álcool), reduzirá ou evitará a expansão agrícola para que sejam compensadas ambas as produções (óleo comestível e do biodiesel); conseqüentemente evitará ou reduzirá o desmatamento da floresta Amazônica para o aumento das terras agricultáveis para a produção de culturas oleaginosas e; evitará a crítica de ambientalistas de todo o Mundo baseada, principalmente, na possível elevação do preço do óleo comestível, torná-lo inacessível às comunidades carentes (BENVENGA *et al.*, 2016; GIRAÇOL *et al.*, 2011).

## **2.6 Reutilização dos Óleos Comestíveis**

A qualidade de óleo e gorduras utilizados nos processos de frituras de restaurantes, lanchonetes, bares e pastelarias tem sido motivo de estudos recentes, pois na temperatura de fritura o óleo interage com o ar, água e componentes dos alimentos que estão sendo fritos gerando compostos responsáveis por odores desagradáveis e degradações em óleos utilizados por longos períodos, o que eleva significativamente o índice de peróxidos e de compostos polares totais. Isto demonstra o potencial que estes óleos e frituras possuem de causar doenças diversas nos consumidores ao serem ingeridos nos alimentos e de poluição do meio ambiente ao serem descartados nos rios, lagos e córregos, além de poderem contaminar toda uma cadeia alimentar que depende destes recursos hídricos (GIRAÇOL *et al.*, 2009; MIRANDA *et al.*, 2018).

De acordo com o IBGE (2018), São Paulo tem uma população de 12,04 milhões de habitantes, com cerca de 3,01 milhões de residências e uma média de 4 habitantes por residência. A cidade de São Paulo está localizada a 760 m do nível do mar, em uma latitude de 23°32.0'S e uma longitude de 46°37.0'W e ocupa uma área de 1530 km<sup>2</sup>. Seu clima é

tropical temperado, com temperatura média de 19°C e 78% de umidade relativa do ar. De acordo com Giraçol *et al.* (2011), o consumo mensal de óleo da população da Cidade de Campinas é de aproximadamente 1 litro/residência. Se esta proporção for levada para a cidade de São Paulo, o consumo total seria de 3,01 milhões de litros e, dependendo da forma de descarte seu impacto é alto no meio ambiente, já que cada litro de óleo pode contaminar até 1 milhão de litros de água.

Hasan e Rhaman (2016) comprovaram que o uso de óleos residuais para produção de Biodiesel, em diferentes percentuais, encurta o tempo de ignição da combustão dos motores, o que promove tempo de reação das misturas e, eventualmente, reduz o nível de emissões de hidrocarbonetos não queimados.

Chua *et al.* (2010) fizeram uma análise do ciclo de vida da produção do biodiesel a partir do óleo de fritura usado, desde o cultivo das plantas oleaginosas até o uso do biodiesel e demonstraram que a redução de todos os componentes dos gases emitidos durante os processos chega a superar os 90% (SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HC, MP<sub>2,5</sub> e MP<sub>10</sub>). Os mesmos autores citam que em uma pesquisa semelhante realizada nos EUA, para o biodiesel de óleo de soja (óleo comestível) a redução dos componentes dos gases emitidos foi de 80%, demonstrando mais uma vantagem do uso do biodiesel do óleo de fritura usado sobre o óleo comestível, contribuindo significativamente para redução das emissões e aquecimento global (CHUA *et al.*, 2010).

Hansan e Rhaman (2017) mostraram que em comparação com o diesel, o biodiesel obtido por óleos residuais fornece menor atraso de ignição e uma taxa de liberação de calor reduzida, bem como uma eficiência ligeiramente maior sacrificando uma pequena quantidade de combustível, constatou redução nas emissões de HC, CO e MP.

## **2.7 Poluentes e *Health Care***

A estimativa é que no Brasil atualmente 22 mil pessoas percam a vida prematuramente por ano, em média, por exposição a poluentes fora de casa, em especial no ambiente urbano. Essa perspectiva pode chegar a 36 mil pessoas em 2040, segundo dados da OMS (2018). Nas últimas décadas, os estudos sobre a poluição do ar e seus efeitos sobre a saúde humana na cidade de São Paulo forneceram evidências consideráveis de que há associação entre o aumento de internações hospitalares por doenças em indivíduos com exposição a poluentes



atmosféricos, como o ozônio ( $O_3$ ), dióxido de nitrogênio ( $NO_2$ ), dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), monóxido de carbono (CO) e matéria em partículas inaláveis (ANDRADE *et al.*, 2017).

Segundo Bravo *et al.* (2016), mais de 99.000 mortes são atribuídas à poluição do ar todo ano. Miranda *et al.* (2017) modelaram as emissões de poluentes e comprovaram que quase 10.000 mortes por ano estão associadas à  $MP_{2,5}$ , os segmentos populacionais em maior risco são os idosos e as crianças. O custo anual da imobilidade na cidade de São Paulo equivale a 7,5% do PIB da cidade com impactos significativos para a saúde dos moradores (CINTRA, 2014). Os veículos automotores são os principais responsáveis pelos altos índices de poluição do ar aos quais os paulistanos estão expostos. Estima-se que a poluição do ar em São Paulo reduza em cerca de 3,5 anos a expectativa de vida média desta população (FAJERSZTAJN *et al.*, 2016). Os indivíduos mais susceptíveis às doenças causadas pelas emissões de poluentes são as crianças, idosos, pessoas portadoras de doenças crônicas e pessoas com susceptibilidade genética; além disto, os poluentes podem afetar o feto humano durante a gestação, causando o retardo no crescimento intrauterino, prematuridade, baixo peso ao nascer e nos casos mais graves, anomalias congênitas, óbito intrauterino ou perinatal (ARBEX *et al.*, 2012). A poluição do ar é uma mistura de partículas, material particulado e gases lançados na atmosfera principalmente por indústrias, veículos automóveis e usinas termelétricas, bem como a partir da biomassa e queima de combustíveis fósseis. Poluentes podem ser classificados como primários ou secundários. poluentes primários são lançados diretamente para a atmosfera, enquanto poluentes secundários resultam de reações químicas entre poluentes primários (ARBEX *et al.*, 2012). Os efeitos agudos da poluição do ar sobre doenças respiratórias afetam principalmente crianças e idosos. E a exposição crônica ao material particulado fino, emitidos por combustíveis fósseis, sobretudo aqueles que contêm chumbo, aumenta o risco de doenças cardíacas e respiratórias, podendo evoluir, inclusive, para o câncer de pulmão. O aumento da poluição do ar em grandes centros urbanos tem sido associado ainda a todos os fatores de risco para doenças cardiovasculares, tais como a arritmia cardíaca, vasoconstrição e aumento da pressão arterial, isquemias do miocárdio e cerebral, progressão da arteriosclerose, entre outros (COSTA *et al.*, 2013).

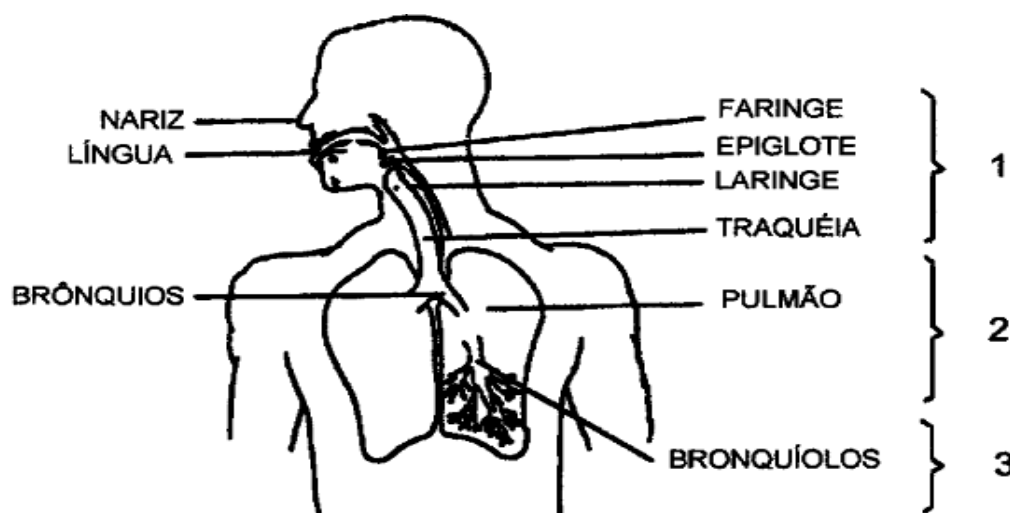
De acordo com Kunzli *et al.* (2010), os principais poluentes primários monitorados pelas principais agências ambientais no Brasil e no mundo são os óxidos de azoto ( $NO_2$  ou  $NO_x$ ), compostos orgânicos voláteis (COV), monóxido de carbono (CO) e dióxido de enxofre ( $SO_2$ ).

Um exemplo de um poluente secundário é de ozônio ( $O_3$ ), formado pela reação química foto-induzida por oxidação de compostos orgânicos voláteis e  $NO_2$  na presença de raios ultravioletas da luz solar.

O poluente mais estudado é o MP, que pode ser primário ou secundário, variar em número, tamanho, forma, área de superfície e a composição química de acordo com o seu local de produção e a sua fonte de emissão. Os efeitos deletérios do MP na saúde humana dependem do tamanho e de sua composição química. Aos múltiplos componentes químicos do MP incluem um núcleo de carbono elementar ou orgânico; compostos inorgânicos, tais como sulfatos e nitratos; óxidos de metais de transição; sais solúveis; compostos orgânicos, tais como hidrocarbonetos aromáticos policíclicos; e materiais biológicos, tais como o pólen, bactérias, esporos e restos de animais. Com base no tamanho total das partículas suspensas, o MP é classificado como se segue: partículas constituintes de até 30  $\mu m$  de diâmetro; partículas constituintes de menos de 10  $\mu m$  de diâmetro ( $MP_{10}$  ou fração inalável); partículas constituintes de menos do que 2,5  $\mu m$  de diâmetro ( $MP_{2,5}$  ou PM finos); e partículas constituintes de menos de 10 nm de diâmetro ( $MP_{0,1}$  ou MP ultrafino) (KUNZLI *et al.*, 2010).

A Figura 9 ilustra a deposição do MP no Sistema respiratório.

Figura 9 - Deposição de MP no Sistema Respiratório.



Fonte: Adaptado de ANVISA (2017).

Os principais poluentes monitorados pelas agências de proteção ambiental nas áreas urbanas, suas fontes, área de ação no sistema respiratório e os efeitos sobre a saúde humana estão resumidos na Tabela 2.

Tabela 2 - Poluentes do ar, suas ações sobre o sistema respiratório e efeitos na saúde humana.

Poluentes	Fontes	Penetração no Sistema Respiratório	Patologia	Limite de Exposição CONAMA	Limite de Exposição OMS
MP <sub>10</sub>	Fontes antropogênicas: poeira de rua; poeira da estrada; atividades agrícolas; e atividades de construção. Fontes naturais: sal marinho; pólen; esporos; fungos; e cinzas vulcânicas.	Nariz e garganta  Traqueia, brônquio e bronquíolos	Prejudica a atividade mucociliar e macrófagos. Provoca irritação das vias aéreas. Induz estresse oxidativo e, conseqüentemente, pulmonar e inflamação sistêmica. A exposição crônica provoca remodelação brônquica e DPOC. Pode ser cancerígeno.	120 µg (24 h)	50 µg (24 h)
MP <sub>2,5</sub>  MP <sub>0,1</sub>	Queima de combustíveis fósseis e de biomassa; usinas termelétricas	Alvéolos  Alvéolos, tecido pulmonar, e na corrente sanguínea		60 µg (24 h)	25 µg (24 h)
O <sub>3</sub>	Não é emitida diretamente para a atmosfera. É produzido através de reações químicas complexas entre os compostos orgânicos voláteis (VOCs) e óxidos de azoto (NOx), na presença de luz solar. Luz solar e temperatura estimular tais reações, de modo que, em dias de sol quente, as concentrações de O <sub>3</sub> de pico. As fontes de emissões de COV e NOx são veículos, indústrias químicas, lavandarias, e atividades que usam solventes.	Traqueia, brônquios, bronquíolos e alvéolos		140 µg (8h)	100 µg (8h)

NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub>	Fontes antropogênicas: ácido nítrico; ácido sulfúrico; e indústrias de motores de combustão (importante fonte); queima de combustível em altas temperaturas, em centrais térmicas que utilizam gás ou incineração. Fontes naturais: descargas elétricas na atmosfera.	Traqueia, brônquio e bronquíolos	É irritante. Afeta a mucosa dos olhos, nariz, garganta e trato respiratório inferior. Aumenta a reatividade brônquica e aumento da susceptibilidade a infecções e alérgenos. É considerado um bom marcador da poluição veicular.	260 µg (24 h)	200 µg (24 h)
SO <sub>2</sub>	Fontes antropogênicas: refinarias de petróleo; veículos a diesel; fornos; metalurgia; e fabricação de papel. Fontes naturais: atividade vulcânica.	Vias aéreas superiores, traqueia, brônquios e bronquíolos	É irritante. Afeta a mucosa dos olhos, nariz, garganta e trato respiratório. Provoca tosse e aumento da reatividade brônquica, facilitando a broncoconstrição.	60 µg (24 h)	20 µg (24h)
CO	Fontes antropogênicas: incêndios florestais; combustão incompleta de combustíveis fósseis ou outros materiais orgânicos; e transporte rodoviário. As áreas urbanas com tráfego intenso são a principal fonte de contribuição das emissões de CO. Fontes naturais: erupções vulcânicas e decomposição de clorofila.	Alvéolos e corrente sanguínea	Se liga à hemoglobina, interferindo com o transporte de oxigênio. Isso faz com que a dor de cabeça, náuseas e tonturas. Tem um efeito nocivo sobre o feto. É associado com recém-nascidos de baixo peso e morte fetal.	9 µg (8 h)	10.000 µg (8 h)

Fonte: Adaptado de Kunzli *et al.*(2010), Arbex *et al.* (2012) e Andrade *et al.* (2017)

Os efeitos da poluição do ar sobre as pessoas têm sido alvo de pesquisas em todo o mundo, na incumbência de relacionar os efeitos fotoquímicos do ar e saúde, do sistema respiratório e dos agravos de doenças alérgicas. Pesquisadores de diversos países têm se unido na busca por correlacionar os efeitos de poluentes derivados de emissões gasosas às doenças do aparelho respiratório. Como a correlação feita por Kunzli *et al.* (2009) que identificou o aumento da incidência de asma em adultos que moravam em regiões de alto tráfego na Suíça. O estudo feito por Gehring *et al.* (2010) que associou a elevação dos níveis de MP<sub>2,5</sub> ao aumento da incidência de asma em crianças de 8 anos na Holanda.

A associação a portadores de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) e o aumento da incidência de internação destes pacientes com poluentes ambientais como o  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{MP}_{2,5}$  e  $\text{MP}_{10}$  foi realizada em um pesquisa desenvolvida por Ko *et al.* (2007), em Honk Kong, na China; Andersen *et al.* (2011) também verificaram este aumento da incidência de (DPOC) com o aumento da contração de  $\text{NO}_2$  em cidades da Dinamarca e na Coréia, Hu *et al.* (2010) verificaram a incidência de indivíduos adquirirem (DPOC) com a elevação da emissão de poluentes derivados da queima de biomassa.

No Brasil, as pesquisas neste campo, também têm sido desenvolvidas nas últimas décadas. Como o estudo de Pinheiro *et al.* (2014) que analisaram durante o período de 10 anos o centro urbano da cidade de São Paulo e comprovaram que um aumento de  $10 \text{ mg/m}^3$  na concentração de  $\text{MP}_{10}$  provoca um aumento no risco relativo de morte associada a dificuldades respiratórias, principalmente em idosos.

Gouveia *et al.* (2017) realizaram um estudo na região metropolitana de São Paulo, entre 2000 a 2008, correlacionando o número de casos de internações hospitalares por doenças respiratórias e cardiovasculares, com a exposição ao  $\text{MP}_{10}$ , a exposição à poluição na região indicou associações apenas com doenças respiratórias. Somente São Paulo e São Bernardo do Campo mostraram uma associação entre os níveis de  $\text{MP}_{10}$  e hospitalizações por doenças cardiovasculares.

O aumento da densidade de tráfego de veículos provoca incremento na taxa de internação de crianças devido a problemas respiratórios na cidade de São Paulo, de acordo com Bernardes (2016). No relato de pesquisa, a cidade foi dividida em células de aproximadamente  $2.500 \text{ m}^2$ , totalizando cerca de 4.000 áreas, para facilitar a identificação das regiões de maior tráfego. As análises demonstraram que variação positiva de uma unidade na densidade de tráfego causa um incremento de 1,3% na taxa de internações hospitalares por problemas respiratórios em cada grupo de 10.000 crianças.

.Na cidade de São Paulo, houve um recuo na poluição de origem industrial, devido aos avanços na tecnologia de filtros e o processo de desindustrialização vigente. Mas o aumento vertiginoso da frota de veículos mantém a poluição em níveis de risco para a saúde, mesmo com os modelos mais recentes emitindo menos poluentes (BERNARDES, 2016). Como a cidade apresenta uma concentração de infraestrutura e serviços urbanos na área conhecida como centro expandido, acarreta portanto um maior adensamento de vias e volume de tráfego nesta área e nos principais corredores de acesso a mesma, com uma maior concentração de

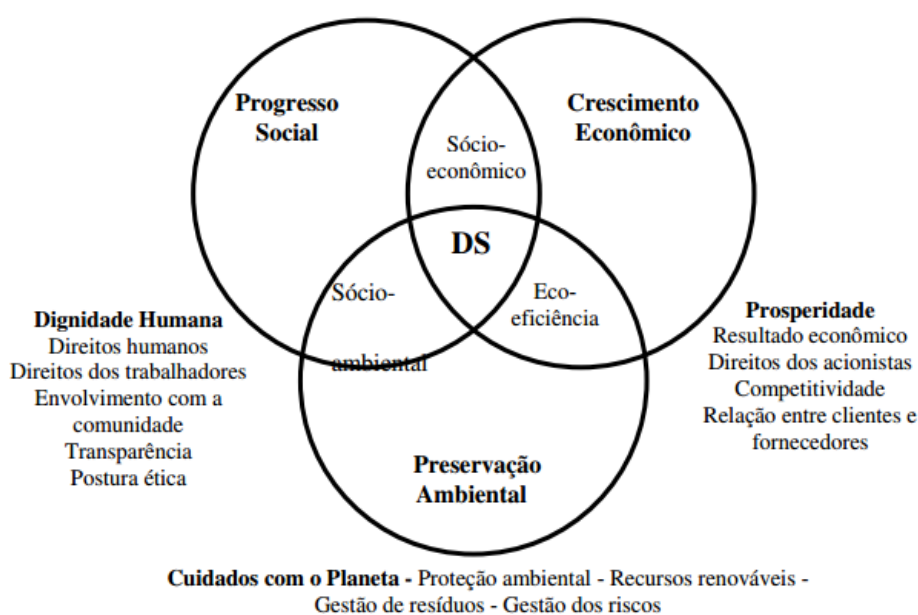
emissões de poluentes nessa região e conseqüentemente maior número pessoas que adquirem doenças respiratórias sob influência dessas emissões.

## 2.8 Viabilidade econômica e subprodutos do Biodiesel obtido por óleos de frituras residuais

O desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades presentes da sociedade sem comprometer a capacidade das gerações futuras em atenderem também as suas necessidades, é o que afirma o (Relatório de Brundtland), desenvolvido pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1991 (BARBIERI & CAJAZEIRA, 2009).

Barbieri e Cajazeira (2009) afirmam que a contribuição das organizações ao desenvolvimento sustentável está centrada em três dimensões: a econômica, a social e a ambiental. Não há um abandono das demais dimensões da sustentabilidade, mas uma concentração no que é específico à atuação das organizações. Os autores afirmam que uma organização sustentável é aquela que orienta suas atividades pelas dimensões da sustentabilidade que lhe são específicas e busca alcançar seus objetivos atendendo, simultaneamente, a equidade social, a prudência ecológica e a eficiência econômica, como se observa na Figura 10.

Figura 10 – Dimensões da Sustentabilidade



Fonte: Adaptado de Kraemer (2003)

Os ganhos econômicos, sociais e ambientais que podem ser obtidos a partir da produção de biodiesel por óleo residual envolvem diferentes etapas (acondicionamento, coleta, armazenagem e transporte) e um número grande de pessoas envolvidas, que podem ser considerados atores sociais participantes: catadores de materiais recicláveis ou empresas coletoras desse material, instituições públicas e privadas, como prefeituras, universidades, escolas, estabelecimentos comerciais, associações que incentivam os programas de coleta e as indústrias transformadoras dessa matéria-prima em biodiesel (LAGO & ROCHA JUNIOR, 2016).

A geração de novos empregos (educadores ambientais, catadores, coletores, beneficiadores, recicladores, transportadores entre outros), também, é um ponto forte desses projetos. Além das parcerias com sindicatos e entidades ligadas ao setor de educação ambiental, ações e trabalhos em conjunto com entidades filantrópicas também são foco de algumas empresas de reciclagem de óleo que beneficiam diversas instituições de caridade, participando de projetos sociais (TAKAHASHI, 2013).

O Plano Nacional de Produção e Uso de Biodiesel também resultou em um efeito positivo sobre a Balança Comercial do Brasil, com melhoria das contas externas. Dada a dependência energética do país em termos de diesel, o uso de biodiesel permitiu reduzir a lacuna existente entre a capacidade de oferta e as necessidades de consumo deste derivado em território nacional, o que representa cifras bastante elevadas (COSTA, 2017).

De acordo com Costa (2017) entre 2005 a 2015, foram importados cerca de 77 bilhões de litros de diesel mineral, totalizando um dispêndio aproximado de US\$ 56,6 bilhões. Assumiu-se, por simplificação, a equivalência entre o biodiesel e o diesel fóssil, quando houve sua utilização nos motores de combustão interna, levando em consideração diversas características dos combustíveis, como poder calorífico e número de cetano. Desta forma, pode-se estimar que o uso de biodiesel no período em análise permitiu evitar uma importação adicional de cerca de 21 bilhões de litros de diesel mineral, o equivalente a US\$15,1 bilhões em economia de divisas (COSTA, 2017).

Já o glicerol, que é um subproduto do processo de produção do Biodiesel, teve uma estimativa de produção de 600 milhões de litros em 2017, só no Brasil. Devido a questões econômicas e ambientais relacionadas para esta grande quantidade de glicerol, o desenvolvimento de novas aplicações foi estrategicamente importante para o programa de biodiesel no mundo todo. Uma característica importante do glicerol produzido a partir de

biodiesel é a presença de grandes quantidades de impurezas, tais como catalisadores (diferentes) geralmente álcalis, óleos, ácidos carboxílicos, álcoois (metanol ou etanol), etc., e mesmo após a purificação do glicerol do processo de biodiesel, geralmente contém relativamente grandes quantidades de H<sub>2</sub>O (5-10%) e NaCl (4-8%) (MEDEIROS, 2012).

Monteiro *et al.* (2018) relataram a flexibilidade no uso do glicerol obtido como subproduto do Biodiesel, que permite ser usado como matéria-prima para a fabricação de intermediários químicos ou produtos em diversos segmentos industriais como: alimentos, polímeros, aditivos de combustível, produção de hidrogênio, e indústrias de geração de energia, além daquelas relacionadas à cogasificação, co-liquefação e co-digestão de resíduos orgânicos.

Portanto a viabilidade econômica, ambiental e social da produção do Biodiesel e o seu processo de fabricação deverão incorporar progressivos aperfeiçoamentos, que deverão reduzir o seu custo, e a melhoria em sua logística que oportunizará barateamentos adicionais.

Além disso, a produção de biodiesel deverá gerar atividades econômicas nas localidades do interior, melhorando os níveis de vida e reduzindo a migração para as cidades. Existe, assim, a expectativa de que a competitividade econômica do biodiesel venha a aumentar (MADIWALEA & BHOJWANIB, 2016).



## **CAPÍTULO III**

### **MATERIAL E MÉTODOS**

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Obtenção de dados sobre custos e número de casos de internações por doenças respiratórias causadas por emissões de poluentes em hospitais públicos da cidade de São Paulo

Para realizar a consulta do número de internações por doenças respiratórias e seus respectivos custos em unidades hospitalares públicas da cidade de São Paulo, acessou-se a Plataforma TABNET- SUS, on-line, através da opção: Morbidade Hospitalar do SUS, conforme Figura 11.

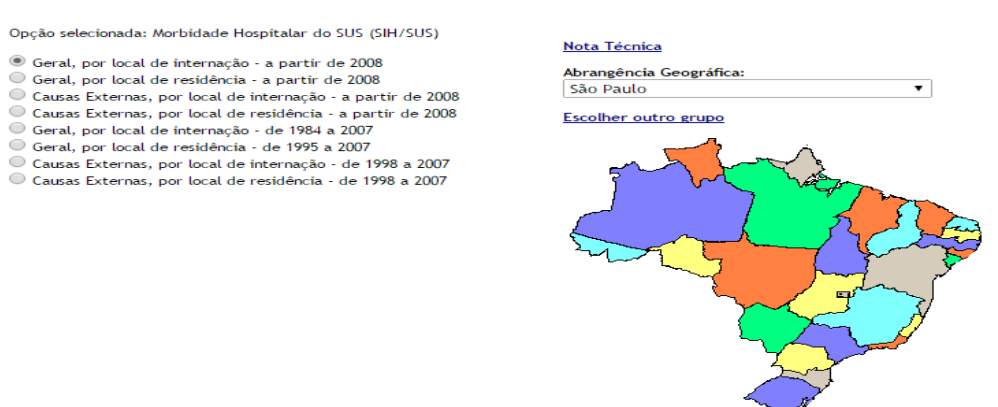
Figura 11 – Site Data Sus Tab Net



Fonte: Plataforma Data-SUS Tabnet (2018)

Na sequência efetivou-se o recorte temporal, do período de 2008 até 2017, buscando as informações do número de internações por doenças respiratórias relacionadas às emissões de poluentes, mês a mês, bem como os custos com essas internações mês a mês, em hospitais públicos na cidade de São Paulo, de acordo com a Figura 12.

Figura 12 – Seleção Regional



Fonte: Plataforma Data-SUS Tabnet (2018)

Na opção Morbidade Hospitalar, utilizou-se a busca das informações com os filtros: Internação segundo Município e Valor Médio de Internação segundo município, vide Tabela 3. O código de identificação da doença (CID) mais próximo para reproduzir esta pesquisa, baseou-se no CID-10 que abrangem doenças causadas no aparelho respiratório e inclui doenças relacionadas a má qualidade do ar, como: asma, bronquite, alergias, resfriados, tosse seca, entre outros.

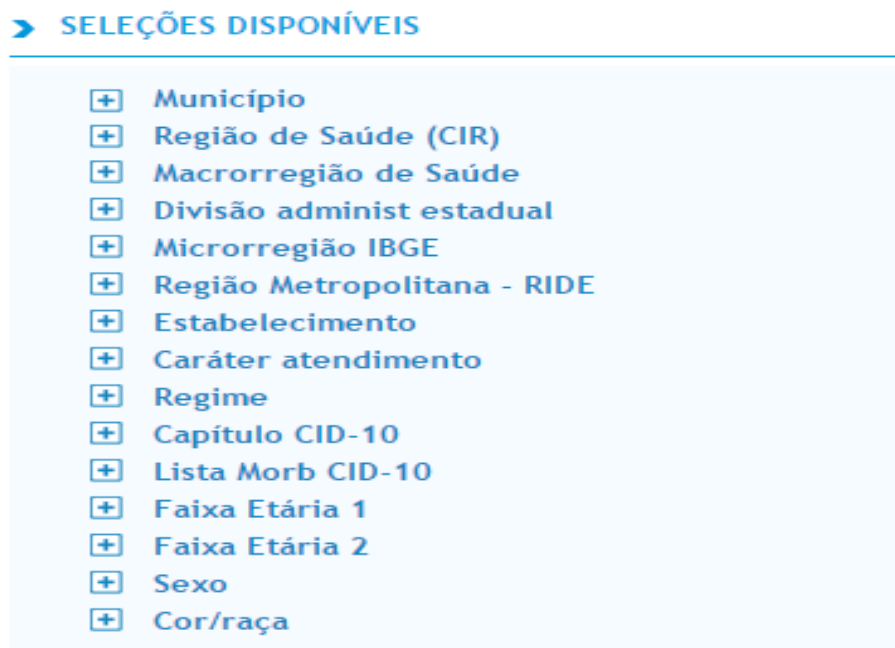
Tabela 3 – Filtros usados para realização da pesquisa no sistema TABNET Data-SUS

<b>FILTROS</b>	<b>Cod. Municípios</b>	
Município	355030	São Paulo
Região de saúde	35016	São Paulo
Divisão Administrativa Estadual	3501	Grande São Paulo
Microregião do IBGE	35061	São Paulo
Região metropolitana-RIDE	35010	São Paulo-SP
Capítulo CID-10	Doenças do aparelho respiratório	

Fonte: Sistema TABNET Data-SUS (2018)

Através dos filtros apresentados na Tabela 3 e Figura 13, foi possível quantificar o número de internações mensais que ocorreram por doenças respiratórias em hospitais públicos na cidade de São Paulo e correlacionar com as emissões de poluentes na região, neste mesmo período.

Figura 13 – Seleções e Filtros Disponíveis



Fonte: Sistema TABNET Data-SUS (2018)

### 3.1.1 Coleta de Dados sobre Fatores Ambientais que Afetam a Saúde Humana

#### a. Emissões de Poluentes

A quantidade de gases poluentes emitidos mensalmente foi pesquisada com base no monitoramento das substâncias mais impactantes à saúde da população, de acordo com a relação apresentada no estudo de Arbex *et. al.* (2012), as quais são citadas pela OMS.

Portanto a pesquisa foi realizada no site da CETESB, no link Qualar (qualidade do ar) (<http://ar.cetesb.sp.gov.br/padrees-de-qualidade-do-ar/>), e filtraram-se as emissões mensais dos poluentes de acordo com a região metropolitana (Alto Tietê), chegando aos bairros da cidade de São Paulo, onde se fez a coleta para os seguintes poluentes: MP<sub>2,5</sub>, MP<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> e CO no recorte temporal de 2010 até 2017. Nem todos os poluentes iniciaram seu controle efetivo e estavam disponíveis no site Qualar a partir de 2008, portanto os dados coletados de forma completa para este trabalho ocorreram a partir de 2010. Por este motivo a relação de emissão de poluentes apresenta-se a partir deste período.

## b. Pesquisa da Média do Índice Pluviométrico

Para determinação da média do índice pluviométrico na cidade de São Paulo, buscou-se a média climatológica (comportamento das chuvas e oscilações de temperatura) a partir de uma série de dados disponíveis observados nos últimos 30 anos na cidade de São Paulo. Tais dados encontram-se no site Climatologia, vide endereço eletrônico: <http://www.climatempo.com.br/climatologia/558/saopaulo-sp>. Foi possível identificar as épocas mais chuvosas/secas e quentes/frias do ano relacionadas à Tabela 4. As relações de baixo índice pluviométrico em alguns meses do ano contribuem de maneira favorável para não dispersão dos gases e poluentes na atmosfera. Desta forma sua concentração aumenta, expondo ainda mais pacientes que são considerados críticos, como idosos e crianças.

Tabela 4 - Médias das Chuvas em 30 anos na Cidade de São Paulo

Mês	Mínima (°C)	Máxima (°C)	Precipitação (mm)
Janeiro	19°	27°	237
Fevereiro	19°	28°	222
Março	18°	27°	161
Abril	16°	25°	73
Mai	14°	23°	71
Junho	12°	22°	50
Julho	12°	22°	44
Agosto	13°	23°	40
Setembro	14°	25°	71
Outubro	15°	25°	127
Novembro	17°	26°	146
Dezembro	18°	26°	201

Fonte: Climatologia (2017)

## 3.2 Elaboração do Questionário

Para este trabalho utilizou-se um questionário validado com escala tipo Likert de 5 pontos, com objetivo de mensurar o grau de concordância ou discordância dos entrevistados. Para avaliar os resultados de forma quantitativa, estabeleceu-se *Ranking* Médio (RM) de pontuação. Este RM da pontuação atribuída às respostas relacionou à frequência das respostas dos entrevistados e considerou que valores menores que 3 são considerados como discordantes e, maiores que 3, como concordantes, considerando a escala de 5 pontos. O

valor exato 3 seria considerado “indiferente” ou “sem opinião”, sendo o “ponto neutro”, equivalente aos casos em que os entrevistados deixaram em branco (GIRAÇOL *et al.*, 2011; MIRANDA *et al.*, 2018).

Os questionários foram aplicados em 600 restaurantes de forma aleatória, através da visita em cada estabelecimento de diversas de regiões da cidade de São Paulo, já as amostras de óleo residual também foram coletadas dos gerentes que concordaram em fornecer. Para as residências, foi respondido um total de 1500 questionários, distribuídos de forma aleatória aos alunos em sala de aula, que levaram aos seus pais e vizinhos para responderem, ou os mesmos colaboraram com a pesquisa.

A escala LIKERT aplicada e validada de acordo com o questionário elaborado por (GIRAÇOL *et al.*, 2011 & MIRANDA *et al.*, 2018), e está descrita a seguir:

1= NÃO

2 = Provavelmente NÃO

3= Não sei (indiferente)

4= Provavelmente SIM

5 = SIM

Dentre algumas perguntas elaboradas no questionário, encontram-se:

- Qual região onde está localizado?
- Faz uso de óleo de fritura?
- Qual a quantidade de óleo utiliza por semana?
- Qual a marca do óleo utilizado?
- Reutiliza este óleo de frituras?
- Quantas vezes?
- Tem conhecimento dos impactos ambientais causados pelo descarte incorreto do mesmo?
- Tem conhecimento que o Biodiesel pode ser produzido por meio de óleos de frituras?
- Tem conhecimento de qual combustível tem o custo mais barato?

- Armazenaria sobras do óleo de fritura para coleta seletiva?
- Imagina qual o tipo de empresa realizaria a coleta destes óleos?

O questionário completo encontra-se no apêndice I e II deste trabalho. Este questionário estimou a quantidade óleo usado na cidade de São Paulo, que pode ser convertido a biodiesel e os ganhos de seus subprodutos, como a glicerina e os créditos de carbono.

### 3.3 Determinação do Tamanho da Amostra

De acordo com os dados da cidade de São Paulo, citados pelo IBGE (2018), a população desta cidade é de 12.04 milhões de habitantes e como, em média, cada residência possui em média 4 habitantes, logo a quantidade de residência da cidade de São Paulo é 3,01 milhões.

De acordo com a ABRESI (2018) a quantidade de restaurantes que consomem óleo na cidade de São Paulo é de 30 mil, assim as populações, N, estudadas serão  $n_1 = 3,01$  milhões para a quantidade de residências e  $n_2 = 30200$ , para a quantidade de restaurantes. Os números de amostras ( $n_1$  e  $n_2$ ) corresponderão aos questionários aplicados nas residências e restaurantes, respectivamente, os quais podem ser facilmente obtidos usando a Equação 1.

Em ambos os casos, foi realizado apenas uma entrevista por amostra (residência ou restaurante). Desta forma o erro amostral aproximado alcançado com a distribuição dos questionários, conforme Tabela 5, foi de (4,04%) para os restaurantes e de (2,58%) estabelecendo um nível de confiança de (95%).

Tabela 5 - Variação do número de amostras com o erro

Amostras	N	Número de amostra (n) para alcançar os erros (E, %)		
		10%	4,04%	2,58%
<b>Residências</b>	<b>3.010.000</b>	100	----	1500
<b>Restaurantes</b>	<b>30.200</b>	100	600	----

Fonte: Autor Próprio (2017)

$$n = \frac{N \cdot \left( \frac{1}{E^2} \right)}{N + \left( \frac{1}{E^2} \right)} \quad (1)$$

Na qual: N é o tamanho da amostra e E é o erro amostral.

A amostragem foi estratificada e intencional, na qual utilizou-se a contribuição percentual da população, por Zona, na cidade de São Paulo, como sendo a própria divisão dos estratos. Estes dados foram encontrados na Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP, 2018). Usou-se como estratégia, a distribuição dos questionários para os alunos em sala de aula, que levaram para suas casas, para que um dos seus pais, irmãos, parentes, ou eles mesmos respondessem (tais consumidores de óleo). No caso dos restaurantes, foram feitas visitas às instalações dos mesmos pessoalmente e solicitado aos gerentes responderem os questionários.

Não havia uma distribuição percentual disponível, que possibilitasse a estratificação dos restaurantes. Amostras de óleos usados foram coletadas nestas visitas, caso solicitado e os gerentes desejassem fornecer.

### 3.4 Procedimento para Obtenção, Análises e Cálculos do Biodiesel

Esta análise foi realizada em um reator com camisa de aquecimento com capacidade total para 5000 mL. O óleo de fritura usado pelos restaurantes e residências foi misturado e 1714,3 mL destes óleos foram postos para aquecer a 60°C. Enquanto isso, 2,0 g de NaOH PA foram dissolvidos em 285,7 mL de álcool etílico PA, para a formação de um enol. Esta mistura foi adicionada ao óleo de fritura pré-aquecido, vagarosamente e sob agitação constante. A partir do total da adição iniciou-se o experimento. A reação ocorreu por 1 h, à pressão ambiente, sob agitação constante e temperatura de 60°C (Silva Filho *et al.*, 2018).

Após a reação ter sido completada, o biodiesel foi separado da glicerina e demais resíduos, em um funil de separação usando lavagens contínuas com uma solução de HCl 0,1 e água destilada. O rendimento foi calculado a partir da média da massa molar do óleo de fritura (835 g / mol) e da mistura de ésteres (881 g /mol), como mostrado na Equação 2.

$$\text{Rendimento}(\%) = \frac{835 \cdot V_{\text{bio}} \cdot d_{\text{biodiesel}}}{881 \cdot V_{\text{oil}} \cdot d_{\text{oil}}} \cdot 100 \quad (2)$$

onde  $V_{\text{bio}}$  (mL) e  $d_{\text{biodiesel}}$  (g/mL) são volume e densidade do biodiesel, e  $V_{\text{oil}}$  e  $d_{\text{oil}}$  são volume (mL) e densidade (g/mL) do óleo de fritura.

A caracterização do biodiesel foi realizada de acordo com os métodos da AOCS (1985), ANP (2018) e SOARES *et al.* (2017). As seguintes propriedades foram determinadas:



densidade a 20°C por o método ASTM-D4052, o ponto de fulgor pelo método ASTM-D93 valor ácido usando o método Ca 5-40, e teor de umidade através do Af 2-54 abordagem.

O volume total de óleo de frituras ( $V_{oleo}$ ) foi calculado usando a Equação 3. Já o volume e massa do biodiesel foram obtidos usando as Equações 4 e 5, respectivamente.

$$V_{oleo} \text{ (m3)} = \frac{M_{resid} \cdot N_1 + M_{rest} \cdot N_2}{1000} \quad (3)$$

$$V_{biodiesel} \text{ (m3)} = \frac{V_{oleo} \cdot Rendimento}{100} \quad (4)$$

$$m_{biodiesel} \text{ (toneladas)} = V_{biodiesel} \cdot d_{biodiesel} \quad (5)$$

Na qual:  $M_{resid}$  e  $M_{rest}$  são, respectivamente, os volumes médios (em L) gerados nas residências e nos restaurantes e,  $N_1$  e  $N_2$  são as populações citadas no item 3.3.

A massa de glicerina ( $m_{glicerina}$ ) foi calculada a partir da massa de biodiesel, usando a sua relação estequiométrica como biodiesel, de acordo com a Equação 6.

$$m_{glicerina} \text{ (kg)} = \frac{92000}{881} \cdot m_{biodiesel} \quad (6)$$

Os créditos de carbono foram calculados a partir da massa de biodiesel, usando a relação fornecida pelo GHG Protocol, apresentado em Silva Filho *et al.* (2018) e apresentada na Equação 7.

$$\text{CréditosCarbono}(tCO_2) = 2,5 \cdot m_{biodiesel} \quad (7)$$

### 3.5. Análise Estatística dos Dados

A análise estatística dos dados foi feita utilizando o coeficiente de correlação de Pearson, pelo qual foi avaliada a direção dessa correlação (se positiva ou negativa) entre duas variáveis de escala métrica (intervalar ou de razão) (FIGUEIREDO FILHO & SILVA JUNIOR, 2009);

(COSTA NETO, 2002). As variáveis de escolha para este trabalho foram as emissões de cada poluente individualmente e os números de casos de internações por doenças respiratórias. A correlação entre estas variáveis será estabelecida entre os valores 1 e -1 (COSTA NETO, 2002).

- onde resultados iguais a (1) significa que há uma correlação perfeita positiva entre as duas variáveis.
- onde resultados iguais a (- 1) significa que há uma correlação negativa perfeita entre as duas variáveis. Isto é, se uma aumenta, a outra sempre diminui.
- 0 Significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra.

A fórmula do coeficiente de correlação de Pearson sejam  $x_i$  e  $y_i$  os valores das variáveis X e Y.  $\bar{x}$  e  $\bar{y}$  são respectivamente as médias dos valores  $x_i$  e  $y_i$ , estão representados na Equação 8 (Figueiredo Filho & Silva Junior, 2009).

$$r = \frac{\sum \left( x_i - \bar{x} \right) * \left( y_i - \bar{y} \right)}{\sqrt{\left( \sum \left( x_i - \bar{x} \right)^2 \right) * \left( \sum \left( y_i - \bar{y} \right)^2 \right)}} \quad (8)$$

No entanto, pode existir uma dependência não linear. Assim, o resultado deve ser investigado por outros meios.

A interpretação dos resultados é dada de acordo com as correlações obtidas entre as variáveis, que podem ser interpretadas como:

- 0,9 para mais ou para menos indica uma correlação muito forte.
- 0,7 a 0,9 positivo ou negativo indicam uma correlação forte.
- 0,5 a 0,7 positivo ou negativo indicam uma correlação moderada.
- 0,3 a 0,5 positivo ou negativo indicam uma correlação fraca.
- 0 a 0,3 positivo ou negativo indica uma correlação desprezível.

Cabe observar que, como o coeficiente é concebido a partir do ajuste linear, então a fórmula não contém informações do ajuste, ou seja, é composta apenas pelos dados (COSTA NETO, 2002).

#### a. Correlação entre internações e a qualidade do ar

Os valores de emissões coletados mensalmente foram comparados com os padrões estabelecidos pela legislação CONAMA de 28 de Junho de 2009 e pelos dados estabelecidos pela OMS. De acordo com a Tabela 6.

Tabela 6 – Legislação CONAMA e OMS sobre padrões de exposição a poluentes

<b>Padrão</b>	<b>Exposição</b>	<b>MP<sub>2,5</sub></b>	<b>MP<sub>10</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>O<sub>3</sub></b>	<b>CO</b>
<b>CONAMA Legislação Brasileira</b>	Curto Período de Exposição	-----	150µg (24 h)	365 µg (24 h)	320 µg (1h)	160 µg (1 h)	10.000 µg (8h)
<b>Legislação Padrão CONAMA para o Estado de SP</b>	Curto periodo de Exposição	60 µg (24 h)	120 µg (24 h)	60 µg (24 h)	260 µg (24 h)	140 µg (8h)	9 µg (8 h)
<b>Padrão OMS</b>	Curto Período de Exposição	25 µg (24 h)	50 µg (24 h)	20 µg (24h)	200 µg (24 h)	100 µg (8h)	10.000 µg (8 h)

Fonte: Adaptado de Andrade *et al.* (2017)

Os níveis toleráveis de exposição aos poluentes dados pela OMS são bem restritos, se comparados aos preconizados pela Legislação CONAMA. Ressalta-se que para o Estado de São Paulo, houve a necessidade de extrapolar os limites, no sentido de indicar um rigor maior nas faixas de controle de emissão e exposição aos poluentes citados, que difere do padrão adotado por outras capitais do país, que se baseiam na norma de vigência nacional.

Como a pesquisa de emissões de poluentes foi realizada no site Qualar, da CETESB, também utilizou-se como referência os limites de exposição preconizados por este órgão oficial.

A CETESB possui como referência os padrões de emissões de poluentes representados na Tabela 7 e Tabela 8, que classificam a qualidade do ar e também relacionam os possíveis problemas de saúde que afetam a população quando expostas a este ar poluído.

Tabela 7 – Classificação da Qualidade do ar.

Estrutura do índice de qualidade do ar							
Qualidade	Índice	MP <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24h	MP <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24h	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 8h	CO (ppm) 8h	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 1h	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24h
N1 – Boa	0 – 40	0 – 50	0 – 25	0 – 100	0 – 9	0 – 200	0 – 20
N2 – Moderada	41 – 80	>50 – 100	>25 – 50	>100 – 130	>9 – 11	>200 – 240	>20 – 40
N3 – Ruim	81 – 120	>100 – 150	>50 – 75	>130 – 160	>11 – 13	>240 – 320	>40 – 365
N4 – Muito Ruim	121 – 200	>150 – 250	>75 – 125	>160 – 200	>13 – 15	>320 – 1130	>365 – 800
N5 – Péssima	>200	>250	>125	>200	>15	>1130	>800

Fonte: Cetesb (2017)

Tabela 8 - Qualidade do ar e os efeitos à saúde

Qualidade do ar e efeitos à saúde		
Qualidade	Índice	Significado
N1 - Boa	0 - 40	
N2 - Moderada	41 - 80	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
N3 - Ruim	81 - 120	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
N4 - Muito Ruim	121 - 200	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
N5 - Péssima	>200	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Fonte Cetesb (2017)

A partir da quantidade de biodiesel (8.836m<sup>3</sup>) que pode ser produzida pela cidade de São Paulo, através da equação 4 na página 40 deste trabalho, e os dados estimados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) relativos à possibilidade de redução das emissões devido à substituição dos combustíveis fósseis pelo biodiesel de óleo de fritura usado em 30%, verificou-se o quanto seria possível reduzir os números de casos de internações por

doenças respiratórias causadas por emissão de poluentes e seus custos, baseados na Tabela 2 adaptada de Kunzli *et al.*(2010), Arbex *et al.* (2012) e Oliveira & Coelho (2017).

Todos os cálculos estatísticos foram feitos baseados na equação de Pearson, com o software *Excel for Windows 2007*®.

#### **b. Cálculo da Média das Amostras Coletadas e Desvio Padrão**

Nas amostras coletadas nos questionários respondidos por restaurantes e nos questionários aplicados nas residências, sobre uso e reuso de óleos de frituras, foram realizados cálculos da média de cada parâmetro avaliado no questionário; e seu respectivo desvio padrão para estabelecer possíveis correlações com o perfil do entrevistado e seu grau de informação a respeito do descarte e reuso dos mesmos baseados na equação de Pearson, com o software *Excel for Windows 2007*®.

### **3.6. Cálculo dos Custos Ambientais e com a Saúde**

As considerações para a determinação do custo do Biodiesel fabricado a partir dos óleos residuais serão feitas de acordo com as premissas de Miranda *et al.* (2018), Passarini *et al.* (2014) e Silva Filho *et al.* (2018), como segue:

- a. Cada casa tem em média 4 habitantes (IBGE 2018). A cidade de São Paulo tem uma população de 12,04 milhões, perfazendo um total de 3,01 residências;
- b. O consumo mensal médio de óleo comestível residual será a média das respostas e cada questionário (restaurantes e residências);
- c. Com isto, será calculada a quantidade de óleo a ser recolhida mensalmente;
- d. A coleta deste óleo será realizada acoplando um reservatório nos caminhões de coleta de lixo, para este fim;
- e. Desse modo, os custos com planejamento logístico e com a coleta do óleo residual terá um valor líquido igual a zero;
- f. Os óleos de cozinha usados serão doados pela população e restaurantes para a prefeitura;
- g. Não deverá ser cobrada taxa para recolhimento do óleo de cozinha. Deste modo o Biodiesel também terá um custo líquido zero para a população e para a prefeitura;

- h. A quantidade de biodiesel obtida será dada pelo volume de óleo usado mensalmente, multiplicado pelo rendimento da reação;
- i. O preço do biodiesel comercializado será usado para cálculo do lucro com sua venda
- j. A produção do Biodiesel estará associada à obtenção de créditos de carbono, sendo 2,5 créditos por cada tonelada. Estes créditos de carbono também colaboram para a produção do biodiesel;
- k. A glicerina gerada como subproduto também será avaliada neste processo;
- l. A substituição dos combustíveis fósseis pelo biodiesel corresponde a uma redução de 30% nas emissões e nas internações por problemas respiratórios (OMS, 2018).

Todos os preços dos combustíveis ou custos com internações citados no trabalho foram pesquisados nas suas fontes originais (ANP, SUS, ano base 2018) e convertidos para dólar, para evitar efeitos de oscilação ou inflação do período seguinte à coleta e interpretação dos dados. O Preço da glicerina e do crédito de carbono seguiram os valores comercializados pela União Européia, como mostrado em Silva Filho *et al.* (2018).

Ao final, foi elaborada uma tabela de CEE (Contabilidade de Custos Ecológicos) que mostra as posições e evoluções da cidade de São Paulo à medida que for adotando o sistema ecologicamente correto proposto por esta pesquisa.

## **CAPÍTULO IV**

# **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **4.1. Custos e número de casos de internações hospitalares por doenças respiratórias.**

A Tabela 9, a seguir, mostra o número de casos de internações mensais totais por doenças respiratórias ocorridas durante o período de 2008 até 2017. A média mensal de internações por doenças respiratórias constatadas neste estudo foi de aproximadamente 2.500 pessoas/mês, enquanto que a média anual, no período, ficou acima das 30 mil internações/ano.

Em relação aos custos com estas internações, a Tabela 10 ilustra tais informações, e pode-se constatar que os custos médios mensais no período deste estudo ficaram em torno de R\$ 3.522 milhões por mês e uma média anual de R\$ 42.272 milhões por ano. Destaca-se o ano de 2010 com a maior média mensal (>2.700/mês) e maior total anual (33.1 mil/ano). Entretanto, com relação aos custos o ano que houve maior média mensal (R\$ 4.25 milhões) e maior custo anual (R\$ 51.0 milhões) foi o de 2013. Os dados mostram que em 2013 houve 5,7% menos internações, mas com um aumento de 15,8% nos custos com relação a 2010, os agravos causados pelas doenças respiratórias elevam os custos com as internações.

Relacionando o número de internações entre 2008 a 2017, causados por doenças respiratórias crônicas devidas exposição à poluentes e os gastos médios com essas internações, nesse mesmo período observou-se que houve mais de 302 mil internações a um custo total de mais de R\$ 422.7 milhões pelo SUS ao longo destes 10 anos.

De acordo com a OMS (2018), a melhoria na qualidade do ar, através da substituição de combustíveis fósseis, por combustíveis renováveis como o Biodiesel; poderia reduzir em 30% a emissão dos poluentes; o que resultaria numa economia total, por parte do SUS, de R\$ 126.8 milhões, no período. Valor este que poderia ser investido em mobilidade urbana (ciclovias, linhas de trens e metrô) entre outras medidas; para desafogar o uso de automóveis no centro expandido e reduzir a emissão de poluentes.



Tabela 9 – Número de Internações totais por doenças respiratórias mensais em Hospitais Públicos

Ano Mês	Número de Internações (pessoas)									
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Janeiro	1.513	1.648	2.176	2150	1.556	1.968	2.080	1.739	1.669	1.749
Fevereiro	1.056	1.556	1.832	2122	1.715	1.719	1.631	1.577	1.464	1.508
Março	1.646	2.396	2.831	3026	2.368	2.218	2.304	2.250	2.361	2.715
Abril	2.072	2.839	3.289	3326	3.085	3.445	2.951	3.120	3.483	2.728
Mai	3.056	3.004	2.997	2960	3.038	3.395	3.358	3.015	3.297	2.871
Junho	2.955	2.946	3.114	2407	3.065	2.836	2.972	2.730	3.015	2.812
Julho	3.177	3.185	2.781	2967	2.973	3.159	2.605	2.920	3.101	2.561
Agosto	2.832	3.257	2.779	2464	2.792	2.915	2.476	2.480	2.950	2.523
Setembro	3.065	3.351	2.831	2654	2.565	2.590	2.554	2.226	2.606	2.191
Outubro	2.716	3.021	2.842	2551	2.252	2.527	2.567	2.133	2.408	2.302
Novembro	2.047	2.665	2.907	2556	2.286	2.474	2.413	1.957	2.295	2.286
Dezembro	2.078	2.172	2.723	2192	1.841	1.959	1896	1.796	2.251	1.778
Media Mensal	2.351	2.670	2.759	2.615	2.461	2.600	2.484	2.329	2.575	2.335
Total Anual	28.213	32.040	33.102	31.375	29.536	31.205	29.807	27.943	30.900	28.024
<b>Média Mensal, no Período = 2.518</b>			<b>Média Anual = 30.215</b>				<b>Total no Período = 302.145</b>			

Fonte: TABNET Data SUS (2017)

Tabela 10 – Custos mensais de Internações por doenças respiratórias mensais em Hospitais Públicos

Ano Mês	Custo com Internações (pagos pelo SUS Públicos) (R\$)										
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Janeiro	1653240	2083138	2573795	3455233	2666393	4238659	3761098	3216115	2121366	2370682	
Fevereiro	1113240	2340520	2473594	3125197	2771414	2772145	2922157	2581581	1837210	1775278	
Março	1618536	3146607	3567145	3997800	3126648	3721316	3583860	3179981	2546516	3042158	
Abril	2134481	3362739	3795851	4842423	5002142	4184142	5013749	4692714	3432009	2798055	
Mai	3306409	3763411	3969467	4820863	5054716	5670702	4893110	5904862	3435111	3383732	
Junho	3388336	3742186	3587764	3238438	4440066	4662682	5695333	4541915	3045738	3087548	
Julho	3121275	3610293	3854591	3725128	3925475	4850423	4256049	4284355	3565499	3153897	
Agosto	2946342	3417228	3361673	3943447	5267192	5662154	4405299	4208374	3380788	3134121	
Setembro	3382994	4183489	3919038	4178458	4393563	4617530	4320653	4108884	2843446	2812828	
Outubro	2802831	4028624	3877213	4238614	4672224	3759544	4148875	2823367	2728372	2740370	
Novembro	2894816	3732333	4622886	3634172	4060896	3565145	3905778	2265120	2798764	2542878	
Dezembro	2639818	2582519	4492787	3494366	2862138	3346560	3735471	1944152	2616258	2061555	
Média Mensal	2583527	3332757	3674650	3891178	4020239	<b>4254250</b>	4220119	3645952	2862590	2741925	
Total Anual	31002319	39993086	44095803	46694138	48242867	<b>51051003</b>	50641432	43751421	34351077	32903101	
Média Mensal, no período (R\$) <b>3.522.719</b>			Média Anual, no período (R\$) <b>42.272.625</b>			Custo total, no período (R\$) <b>422.726.248</b>					

Fonte: TABNET Data SUS (2017)

Estudos semelhantes a este comprovaram que a poluição atmosférica custou ao SUS mais de R\$ 2 milhões, no período de 1993 a 1995. O dinheiro foi gasto para tratar pacientes que desenvolveram doenças relacionadas diretamente ao excesso de poluentes. Com esse valor, seria possível realizar em hospitais conveniados ao SUS, 784 mil consultas médicas ou 10.100 partos normais (PEREIRA, 2014).

Na cidade de São José do Rio Preto, Mantovani *et al.* (2016) relataram o excesso de internação por doenças respiratórias, influenciadas por poluentes, foi da ordem de 650 casos em três anos, que representou um aumento de gasto da ordem de R\$ 190 mil no Sistema público de Saúde.

Na cidade de Volta Redonda no Rio de Janeiro, Paiva (2014) estimou gastos anuais com internações por exposição às poluentes no período de 2005 a 2007 na rede pública que chegaram a R\$ 170 mil totais.

Desta forma observa-se o impacto negativo causado pela emissão de poluentes na qualidade de vida da população, e o retrocesso econômico causado nos bolsos do sistema público de saúde, que poderia utilizar parte destes custos em investimentos e melhorias de infraestrutura para melhor atender a população.

## **4.2 Emissões de poluentes correlacionados aos limites estabelecidos pelas legislações CONAMA, OMS e CETESB**

### **4.2.1 Efeitos relacionados a emissões de Materia Particulado**

Avaliou-se o comportamento das emissões do poluente  $MP_{10}$  no período de 2010 a 2017, de acordo com a Tabela 11, os valores registrados durante todo o período do estudo, se comparado aos padrões da OMS excederam os limites preconizados de exposição para um período de 24 horas. Quando comparados aos níveis preconizados pela Cestesb excederam a classificação MODERADA, que estabelece valores de controle de exposição para 24H que estejam na seguinte faixa: ( $> 50 - 100 \mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{h}$ -MODERADO). Valores moderados são considerados extremos e grandes contribuintes para o agravamento da saúde respiratória da população. Os meses de Julho (2011) e Agosto (2013 e 2014) neste estudo, considerados meses secos de inverno e com pouco índice de chuva, registraram valores considerados ruins em relação aos parâmetros da CETESB ( $> 100 - 150 \mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{h}$ - RUIM). Dados estes que confirmam a dificuldade dos governantes em estabelecer políticas públicas efetiva para o

controle das emissões, e ainda buscarem soluções sustentáveis e de mobilidade urbana para a cidade de São Paulo.

Tabela 11 – Emissão de MP<sub>10</sub>, correlação com as legislações e agravos a saúde respiratória ( $\mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{h}$ ).

Mês	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
01	<b>61</b>	<b>61</b>	<b>58</b>	<b>52</b>	<b>64</b>	<b>64</b>	<b>53</b>	<b>52</b>
02	<b>74</b>	<b>75</b>	<b>63</b>	<b>61</b>	<b>75</b>	<b>58</b>	<b>62</b>	<b>54</b>
03	<b>70</b>	<b>59</b>	<b>67</b>	<b>60</b>	<b>55</b>	<b>57</b>	<b>59</b>	<b>73</b>
04	<b>63</b>	<b>71</b>	<b>65</b>	<b>62</b>	<b>58</b>	<b>55</b>	<b>77</b>	<b>65</b>
05	<b>73</b>	<b>69</b>	<b>61</b>	<b>87</b>	<b>83</b>	<b>59</b>	<b>58</b>	<b>77</b>
06	<b>99</b>	<b>91</b>	<b>72</b>	<b>86</b>	<b>86</b>	<b>67</b>	<b>65</b>	<b>64</b>
07	<b>91</b>	<b>105</b>	<b>91</b>	<b>87</b>	<b>79</b>	<b>73</b>	<b>62</b>	<b>69</b>
08	<b>97</b>	<b>82</b>	<b>91</b>	<b>104</b>	<b>110</b>	<b>89</b>	<b>83</b>	<b>83</b>
09	<b>85</b>	<b>91</b>	<b>103</b>	<b>88</b>	<b>72</b>	<b>79</b>	<b>66</b>	<b>77</b>
10	<b>69</b>	<b>84</b>	<b>85</b>	<b>69</b>	<b>86</b>	<b>68</b>	<b>55</b>	<b>65</b>
11	<b>56</b>	<b>67</b>	<b>58</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>60</b>	<b>55</b>	<b>62</b>
12	<b>59</b>	<b>66</b>	<b>72</b>	<b>56</b>	<b>60</b>	<b>59</b>	<b>54</b>	<b>59</b>

Fonte: Cetesb (2018)

\*\*Padrões de Comparação: Cetesb ( $> 50 - 100 \mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{h}$ -MODERADO) ( $> 100 - 150 \mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{h}$ - RUIM), OMS ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{h}$ ) e CONAMA ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{h}$ )

Apenas em relação à legislação CONAMA que preconiza uma exposição de até ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{h}$ ) no Estado de SP, os valores se mantiveram aceitáveis para esta análise. Quando comparados os valores de exposição ao MP<sub>10</sub> deste estudo com os agravos à saúde respiratória citados na Tabela de Arbex *et al.* (2012) conclui-se que tal exposição induz processos inflamatórios pulmonares, inflamação sistêmica dos brônquios e alvéolos pulmonares, apresentam alto potencial cancerígeno, além de causar DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica). Um estudo semelhante apresentado por Pandya *et al* (2012) relatou aumento de casos de asma brônquica e doenças alérgicas respiratórias, quando ocorre a exposição excessiva à MP<sub>10</sub> provenientes da queima de combustíveis, principalmente do diesel.

A mesma comparação foi estabelecida para analisar o poluente MP<sub>2,5</sub>, cujos resultados estão representados na Tabela 12. Como se nota, houve extrapolação dos resultados em relação aos padrões estabelecidos pelas três legislações: CETESB para MP<sub>2,5</sub> ( $> 25-50 \mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{h}$  moderado) e ( $> 50-75 \mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{h}$  ruim), CONAMA que preconiza um limite de até ( $60 \mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{h}$ ) e OMS ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{h}$ ). Entre os meses de Junho e Julho (2011) e

Agosto de (2013 e 2014) as emissões alcançaram seus limites mais altos, quando relacionados à Tabela de Arbex *et al.* (2012) comprova-se a capacidade do poluente MP<sub>2,5</sub> atingir os alvéolos pulmonares, percorrer a corrente sanguínea e causar DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica). Os dados para MP<sub>2,5</sub> são de fato alarmantes e chamam atenção para a falta de rigor em relação ao cumprimento das legislações vigentes.

Tabela 12 - Emissão de MP<sub>2,5</sub>, correlação com as legislações e agravos a saúde respiratória ( $\mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{h}$ )

Mês	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
01	N.I	<b>38</b>	<b>26</b>	24	<b>42</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	27
02	N.I	<b>43</b>	<b>43</b>	<b>34</b>	<b>43</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>36</b>
03	N.I	<b>38</b>	<b>36</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>31</b>	<b>34</b>
04	N.I	<b>44</b>	<b>29</b>	<b>52</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>48</b>	<b>37</b>
05	N.I	<b>46</b>	<b>30</b>	<b>51</b>	<b>45</b>	<b>36</b>	<b>34</b>	<b>42</b>
06	N.I	<b>66</b>	<b>37</b>	<b>51</b>	<b>54</b>	<b>52</b>	<b>44</b>	<b>49</b>
07	N.I	<b>64</b>	<b>49</b>	<b>54</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>55</b>	<b>54</b>
08	N.I	<b>55</b>	<b>45</b>	<b>61</b>	<b>63</b>	<b>56</b>	<b>52</b>	<b>52</b>
09	N.I	<b>49</b>	<b>55</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>51</b>	<b>34</b>	<b>35</b>
10	N.I	<b>38</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>53</b>	<b>42</b>	23	<b>27</b>
11	N.I	<b>34</b>	<b>42</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>31</b>	<b>27</b>	<b>25</b>
12	N.I	<b>36</b>	<b>46</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>32</b>	<b>29</b>	<b>28</b>

Fonte: Cetesb (2018)

N.I (Não Informado)

\*\* Parâmetros padrões: CETESB ( $> 25-50 \mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{h}$  moderado) e ( $> 50-75 \mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{h}$  ruim), OMS ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{h}$ ) e CONAMA ( $60 \mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{h}$ ).

Um estudo semelhante realizado na cidade de Vitória-ES, por Belo & Tofoli (2011) constatou através do monitoramento durante 39 dias à exposição das emissões de MP<sub>2,5</sub>, onde observou-se que 5 dias deste monitoramento excederam as faixas recomendadas pela OMS, houve aumento nos casos de internação por asma, bronquites, rinites; além de crises de tosse e espirros. Ghering *et al.* (2010) acompanharam os primeiros 8 anos de vida de 3.863 crianças em comunidades do norte, oeste e centro da Holanda. Os altos níveis de MP<sub>2,5</sub>, foram associados a um aumento na incidência e prevalência de sintomas da asma, em 28% (região norte), 29% (região oeste) e 15% (região central).

Já na cidade de Rio Branco-Acre, um estudo realizado por Mascarenhas (2005), comprovou que durante o período de queima de biomassa florestal, aumenta significativamente a concentração de MP<sub>2,5</sub>, aumentando o atendimento de asma em hospitais da região, em crianças menores de 10 anos de idade.

#### 4.2.2 Efeitos relacionados a emissões de Monóxido de Carbono e Dióxido de Nitrogênio

As emissões de CO (Monóxido de Carbono) mantiveram-se de acordo quando comparado às três legislações, como ilustra a Tabela 13. Níveis considerados bons para CETESB e CONAMA são de emissões de CO até (9µg/8h); enquanto para a OMS níveis aceitáveis são de até (10.000µg/ 8h) desta forma comprova não haver evidências deste poluente como grande contribuinte para os casos de internações por doenças respiratórias neste estudo.

Tabela 13 – Emissão de CO, correlação com as legislações e agravos a saúde respiratória (µg/m<sup>3</sup>/8h).

Mês	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
01	1,7	1,4	1,3	1	1,3	1	0,7	1,2
02	1,9	1,5	1,5	1,4	1,4	1	1,1	0,9
03	1,6	1,2	1,3	1,2	1,2	1,1	0,9	0,5
04	1,5	1,6	1,4	1,4	1,2	0,9	1,2	1,0
05	1,8	1,8	1,5	1,9	1,7	1,1	0,9	1,1
06	2,5	2,4	1,9	1,9	2,1	1,7	1,7	1,5
07	2,2	2,6	2,4	2,2	1,6	1,7	1,6	1,7
08	2,5	2,3	2	2,1	2,1	1,7	1,6	1,9
09	1,9	1,4	1,9	1,5	1,5	1,3	0,9	1,2
10	1,3	1,3	1,7	1,3	1,2	1	0,8	1,2
11	1,3	1,1	1,1	1,1	0,9	0,9	0,9	1,1
12	1,2	1,4	1,4	1	0,9	0,8	1,1	0,8

Fonte: Ceteb (2018)

\*\* Parâmetros Padrões: Cetesb e CONAMA até (9µg/8h), OMS (10.000µg/ 8h).

Relacionando a tabela de agravos respiratórios citadas por Arbex *et al.* (2012), exposições excessivas ao CO podem causar vômitos, náuseas e tonturas; sendo que crianças recém nascidas são os pacientes mais suscetíveis a esses agravos.

Em São Paulo, Martins *et al.* (2001) encontraram associação de monóxido de carbono com atendimentos por infecções de vias aéreas superiores. Barbosa *et al.* (2015) analisaram a associação da poluição com atendimentos de emergência pediátrica de portadores de anemia falciforme verificando que CO e ozônio estiveram associados com um aumento de 16,5% e 9,8%, respectivamente, nos atendimentos totais.

Outro poluente monitorado neste estudo foi o Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>), cuja correlação com os valores preconizados pelas legislações estão elucidados na Tabela 14.

Quando comparados aos parâmetros estabelecidos pela CETESB que preconiza níveis bons (0-200µg/1h), OMS (0-200µg/24h) e CONAMA (0-260µg/24h), todas as medidas mantiveram-se dentro dos padrões, comprovando este não ser um poluente tão influente nos casos de internações hospitalares por doenças respiratórias.

Tabela 14 – Emissão de NO<sub>2</sub>, correlação com as legislações e agravos a saúde respiratória (µg/m<sup>3</sup>/1h)

MÊS	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
01	74	62	58	49	73	64	41	50
02	76	81	81	68	73	62	58	69
03	68	51	71	60	63	65	56	67
04	79	68	62	74	61	52	71	96
05	92	64	61	72	74	57	52	65
06	84	87	72	77	76	67	70	66
07	107	94	93	75	75	76	80	93
08	91	84	79	88	98	88	82	87
09	60	81	92	75	77	86	63	69
10	63	69	87	69	79	65	57	58
11	56	61	61	56	59	57	54	54
12	75	68	71	50	58	54	62	65

Fonte Cetesb (2018).

\*\* Parâmetros Padrões: Cetesb (0-200µg/1h-BOM), OMS (0-200µg/24h) e CONAMA (0-260µg/24h),

O estudo de Arbex *et al.* (2012) explicita que NO<sub>2</sub> tem potencial irritante, afeta a mucosa de nariz e garganta, causando tosse e alergias. Alguns estudos específicos, como o de Nicolussi (2014) investigaram a prevalência de doenças respiratórias alérgicas em crianças, levando em conta regiões urbanas diferentes e o fluxo de veículos, os resultados indicaram que onde há intenso tráfego veicular ocorreu a prevalência de asma, rinite e outros sintomas associados às emissões de NO<sub>2</sub>. Vieira *et al.* (2012) observaram em crianças da zona urbana de São Paulo, que os níveis de NO<sub>2</sub> presentes no ar provocam sintomas tipicamente associados a doenças respiratórias. Toda a população estudada apresentou sibilo, ruído semelhante a um assobio agudo característico da asma, em alguma etapa do estudo realizado.

Mesmo que durante este estudo os valores encontrados não estejam em valores significativos ou extrapolados frente às legislações, ressaltasse a importância do monitoramento dos mesmos e de aplicar ações corretivas que minimizem tais emissões e exposição a este poluente.

### 4.2.3 Efeitos relacionados a emissões de Dióxido de Enxofre e Ozônio

A Tabela 15 mostra que durante este estudo o índice de qualidade do ar para SO<sub>2</sub> esteve sempre bom, no período estudado, quando comparado aos padrões da CETESB (0-20µg/m<sup>3</sup>/24h), CONAMA (0-60µg/m<sup>3</sup>/24h) e OMS (0-20µg/m<sup>3</sup>/24h), portanto não influenciando de maneira positiva os casos de internações hospitalares.

Tabela 15- Emissão de SO<sub>2</sub>, correlação com as legislações e agravos à saúde respiratória (µg/m<sup>3</sup>/24h)

Mês	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
01	9,5	8	7	6	7	5	4	5
02	12	11	10	6	8	5	4	6
03	16	11	11	8	6	5	4	6
04	12	14	10	10	6	5	6	14
05	14	13	9	10	9	6	5	7
06	19	16	8	9	8	7	5	6
07	15	16	11	11	10	7	9	5
08	18	16	11	12	11	11	7	5
09	14	14	12	12	11	8	5	6
10	9	16	9	10	10	4	3	5
11	12	12	7	7	7	3	4	5
12	10	11	6	7	6	4	4	6

Fonte: Cetesb (2018).

\*\* Parâmetros Padrões: Cetesb (0-20µg/m<sup>3</sup>/24h-BOM), CONAMA (0-60µg/m<sup>3</sup>/24h) e OMS (0-20µg/m<sup>3</sup>/24h)

O SO<sub>2</sub> conforme relacionado por Arbex *et al.*(2012) pode comprometer tireóide, brônquios e bronquíolos, causando reação alérgica e broncoconstrição. O estudo de Santos *et al.* (2014) encontraram associação da exposição materna ao SO<sub>2</sub> com baixo peso de bebês ao nascer Já Xiaolin *et al.* (2009), indicaram mudanças na função pulmonar e sintomas respiratórios após períodos curtos de exposição ao SO<sub>2</sub>.

A Tabela 16, apresenta a correlação do Ozônio onde observou-se que de acordo com os índices de qualidade do ar da CETESB durante o estudo encontra-se na faixa moderada (>100-130µg/m<sup>3</sup>/8h) em alguns meses dos anos de 2011 e 2012, evoluindo para índices ruins no ano de 2014 (>130-160µg/m<sup>3</sup>/8h). Quando comparados a OMS (100-µg/m<sup>3</sup>/8h), corrobora a confirmação de índices ruins. Já em relação à legislação CONAMA (140µg/m<sup>3</sup>/8h) os índices mantiveram-se sob controle. Comparado ao aos agravos que este poluente causa à



saúde respiratória de acordo com Arbex *et al.* (2012), o mesmo induz inflamação respiratória, obstrução das vias aéreas, seguida de tosse e desconforto.

Tabela 16 – Emissão de O<sub>3</sub>, correlação com as legislações e agravos a saúde respiratória ( $\mu\text{g}/\text{m}^3/8\text{h}$ ).

MÊS	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
01	84	94	81	67	<b>132</b>	<b>124</b>	75	79
02	99	<b>112</b>	<b>135</b>	98	<b>128</b>	98	88	83
03	78	55	<b>112</b>	71	85	90	83	86
04	69	77	83	77	79	74	107	95
05	67	65	60	68	67	53	53	67
06	66	69	56	49	63	57	66	76
07	73	75	76	59	64	61	66	78
08	97	81	90	83	84	102	70	79
09	99	<b>115</b>	<b>112</b>	94	99	<b>116</b>	77	73
10	99	<b>102</b>	<b>125</b>	81	<b>132</b>	100	80	85
11	97	112	94	86	97	87	80	88
12	92	98	111	85	100	97	96	99

Fonte: Cetesb (2018)

\*\* Parâmetros Padrões: CETESB ( $>100-130\mu\text{g}/\text{m}^3/8\text{h}$ -MODERADO) e ( $>130-160\mu\text{g}/\text{m}^3/8\text{h}$ -RUIM), OMS ( $100-\mu\text{g}/\text{m}^3/8\text{h}$ ), CONAMA ( $140\mu\text{g}/\text{m}^3/8\text{h}$ )

O estudo realizado por Nardocci (2013) associou o intenso tráfego da cidade de São Paulo e verificaram relações entre a poluição do ar no município com aumento de problemas respiratórios e cardiovasculares, particularmente em idosos e crianças, por influência do Ozônio.

Na cidade de Cubatão (SP), Jasinski *et al.* (2011) avaliaram os efeitos da poluição em morbidades respiratórias de crianças e adolescentes. Os resultados mostraram que nas crianças de 0 a 10 anos foram observados os efeitos crônicos ao ozônio, já nos adolescentes foi verificada associação da poluição com a exposição aguda ao ozônio.

De uma forma geral observou-se que onde há tráfego intenso de veículos, a exemplo de uma capital, como São Paulo, as emissões estão diretamente relacionadas aos casos agravos de doenças respiratórias. Os poluentes com maiores influências neste estudo foram o MP<sub>10</sub>, MP<sub>2,5</sub> e o O<sub>3</sub>, que na maior parte do período estudado excederam os limites quando comparados aos parâmetros CONAMA, OMS e CETESB, e se mostraram potencialmente prejudiciais à saúde respiratória da população.

### 4.3 Efeito do índice pluviométrico nas emissões de poluentes, casos de internações e custos hospitalares.

A Tabela 17 lista os índices pluviométricos dos últimos 30 anos na cidade de SP, comparando com o número médio de internações por doenças respiratórias mensais. Como se observa, o resultado foi -0,9, indicando que existe uma correlação fortíssima e inversamente proporcional do índice pluviométrico com a quantidade de internações devido a doenças respiratórias principalmente nos meses mais frios do ano.

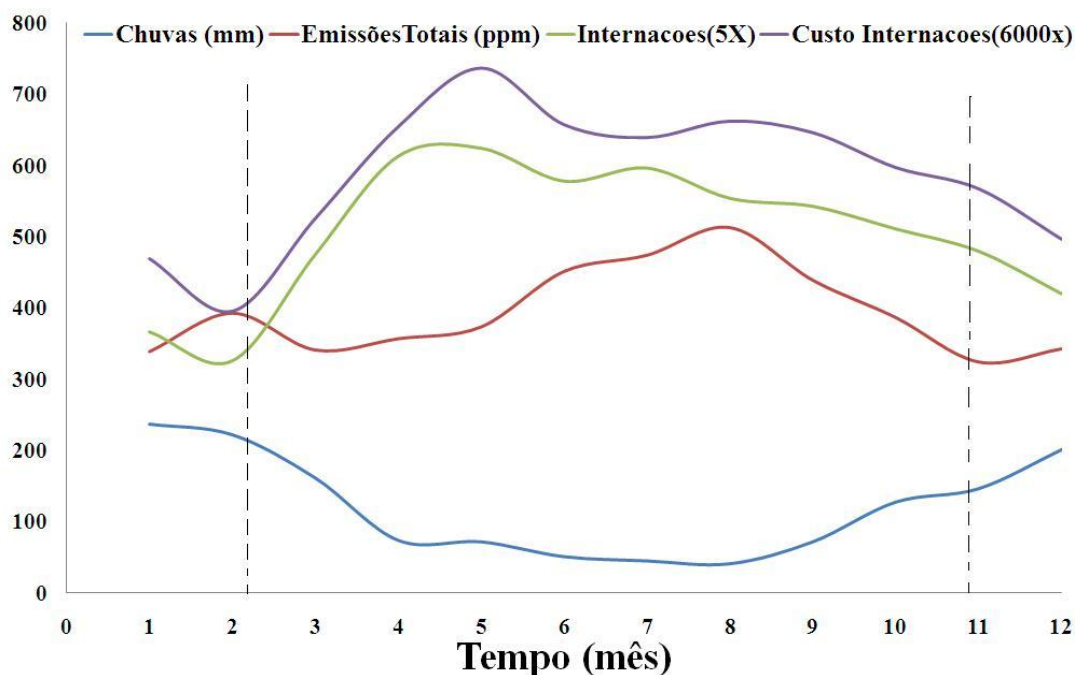
Tabela 17- Índices Pluviométricos e correlação com Internações na cidade de São Paulo

Mês	Precipitação (mm)	Média Internações (2008 até 2017)
Janeiro	237	1.833
Fevereiro	222	1.630
Março	161	2.378
Abril	73	3.068
Mai	71	3.124
Junho	50	2.893
Julho	44	2.985
Agosto	40	2.772
Setembro	71	2.716
Outubro	127	2.557
Novembro	146	2.400
Dezembro	201	2.101
Correlação		<b>-0,9</b>

Fonte: Adaptado de Climatologia.com.br (2018)

A Figura 14 mostra que quando diminuem as chuvas, principalmente nos meses de Julho e Agosto (meses considerados frios e com o menor índice pluviométrico), ocorreu o aumento de emissões de poluentes que consequentemente afetam a saúde da população, aumentando o número de internações por doenças respiratórias e os seus custos.

Figura 14 – Comportamento das Variáveis x Tempo



Fonte: Autor Próprio(2018).

Na cidade de São Carlos, no período de 2008 a 2012, Cruz *et al.* (2016) comprovaram que existe relação entre o aumento das internações hospitalares ocorridas por doenças respiratórias e as alterações climáticas do mesmo período na região.

Natali *et al.* (2011), sugeriram o aumento do número de casos de internação em crianças e adolescentes por Pneumonia na cidade de São Paulo, decorrente dos poluentes; na transição climática entre verão e outono. E também relaciona as mudanças sazonais climáticas de um único dia ao aumento de susceptibilidade de casos.

Kurmi & Ayres (2007) afirmaram que a escassez de chuvas e os meses frios estão principalmente relacionados com o aparecimento ou agravamento de asma, DPOC e doenças infecciosas. O ar frio tem a capacidade de desencadear uma crise de asma num indivíduo e, durante os meses de inverno, existe um limite claro de temperatura abaixo do qual a mortalidade aumenta significativamente.

Os índices de qualidade do ar neste estudo apresentaram qualidade moderada a ruim, quando comparado as Legislações CONAMA, OMS e ao padrão CETESB, pode-se comprovar de uma forma geral que todos os poluentes estudados exerceram correlação positiva com o aumento de caso de internações por doenças respiratórias, destacou-se os

poluentes  $MP_{10}$ ,  $MP_{2,5}$  e o Ozônio, como os que mais estiveram fora de controle em relação ao padrão estabelecido pelas legislações.

#### 4.4 Correlações das emissões de poluentes com os casos de internações por doenças respiratórias

A Tabela 18 apresenta a correlação total da emissão de poluentes em relação aos casos de internações hospitalares. O ano de 2013 apresentou forte correlação para todos os poluentes, ressalta-se que foi um ano de crise hídrica e falta de chuvas, o que contribuiu para elevação da massa de ar seco e não dispersão dos poluentes na atmosfera. Uma vez que ar esteja concentrado em poluentes, a exposição excessiva das pessoas em locais com tráfego intenso de veículos agravou os casos de internações por doenças respiratórias, lembrando que os pacientes mais suscetíveis são os idosos e as crianças. Dentro desta análise total comprova-se que os poluentes com resultados mais influentes foram:  $MP_{10}$ ,  $MP_{2,5}$  e  $O_3$ , quando comparados a Tabela de Arbex *et al.* (2012) observa-se que estes poluentes são os grandes causadores de doenças alérgicas respiratórias, incluindo sintomas como tosse, irritação das vias aéreas superiores e muitas vezes DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica).

Tabela 18 – Correlação ítem total das emissões de poluentes com casos de internações por doenças respiratórias.

Poluentes	Valores de r, Correlação ítem total.							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
$MP_{10}$	0,1	0,1	0,3	<b>0,6</b>	0,3	0,1	<b>0,5</b>	<b>0,7</b>
$MP_{2,5}$		0,2	0,2	<b>0,8</b>	0,3	0,4	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>
$O_3$	0,3	0,4	0,4	<b>0,7</b>	0,3	0,4	<b>0,6</b>	0,3
CO	0,0	0,1	<b>0,5</b>	<b>0,7</b>	0,3	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	0,2
$NO_2$	0,0	0,1	<b>0,5</b>	<b>0,7</b>	0,3	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	0,4
$SO_2$	0,3	0,4	0,4	<b>0,7</b>	0,3	0,4	<b>0,6</b>	0,3

Fonte: Autor Próprio (2018)

Um estudo semelhante realizado por Cesar *et al.* (2013) na cidade de Piracicaba (SP) comprovaram que quando ocorre o aumento da emissão de  $MP_{2,5}$  os números de internações por doenças respiratórias em crianças crescem de 7,9% a 8,6% em meses menos chuvosos.

Na cidade de São José dos Campos (SP), Amancio e Nascimento (2014) estimaram o risco para aumento de internações por asma em crianças, após exposição intensa por 3 horas ao SO<sub>2</sub>, quando são aumentadas as concentrações deste poluente, eleva-se o risco de internação em 19%, respectivamente.

Como se nota as correlações do item total mostrados anteriormente dão evidências, mas não confirmam que há uma relação entre as emissões de CO, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> e os casos de internações por doenças respiratórias. Entretanto, ao se observar a Figura 14, nota-se que os fatores custo, emissões e internações comportam-se como uma parábola, variando com o tempo, bem como os índices pluviométricos, mas de forma inversa. Assim, é provável que haja influencia dos índices pluviométricos na redução das internações nos períodos chuvosos e isto levou a supor que o uso da correlação item parcial, informado na Tabela 19, dentro do período de menor índice pluviométrico, melhoraria o ajuste e comprovaria a suposição da Tese.

Tabela 19 – Correlação item parcial das emissões de poluentes com casos de internações por doenças respiratórias.

Poluente	Valores de r, Correlação item parcial.							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
MP <sub>10</sub>	0,3	0,9	0,6	0,8	0,5	0,6	0,7	0,6
MP <sub>2,5</sub>		0,7	0,2	0,8	0,6	0,8	0,9	0,7
O <sub>3</sub>	0,7	0,5	-0,5	0,3	0,4	0,7	-0,8	-0,7
CO	0,1	0,5	0,8	0,9	0,5	0,9	0,8	0,9
NO <sub>2</sub>	0,4	0,7	0,6	0,8	0,6	0,7	0,9	0,6
SO <sub>2</sub>	0,5	0,6	0,9	0,7	0,8	0,6	0,9	0,2

Fonte: Autor Próprio (2018)

Conclui-se, portanto que todos os poluentes apresentaram correlação entre moderada e forte em vários anos consecutivos, sendo potenciais causadores diretos ou influenciadores no processo de desenvolvimento de doenças respiratórias e aumento de números de internações hospitalares por essas externalidades.

Com destaque para o ano de 2013 que apresentou correlação forte para quase todos os poluentes, com exceção do O<sub>3</sub> seguido do ano de 2016 que apresentou forte correlação entre O<sub>3</sub>, CO, NO e NO<sub>2</sub>.

Comparando as correlações deste trabalho para exposição a MP<sub>10</sub>, com as correlações encontradas por Yanagi et al. (2012), verificou-se que pele, pulmão, tireóide, laringe e bexiga apresentaram coeficientes de correlação entre 0,60 e 0,80 em alguns meses do ano para a incidência de câncer, quando expostos ao MP<sub>10</sub>.

Outros estudos semelhantes a este realizados na cidade de São Paulo por Gouveia *et al.* (2017), identificaram associação de material particulado inalável ao incremento de (4,6%) nas internações por asma em crianças e de (4,3%) por doença pulmonar obstrutiva crônica em idosos. Foi verificado que um aumento de 10 µg/m<sup>3</sup> de material particulado aumenta em 13% o risco de internações por asma e bronquites no município de São José dos Campos, em estudo feito por Nascimento e Francisco (2013).

## 4.5 Resultados da aplicação do questionário

### 4.5.1 Estratificação das amostras e distribuição dos questionários

Foram aplicados um total de 600 questionários nos restaurantes da cidade de São Paulo e um total de 1500 questionários para residências das regiões norte, sul, leste, oeste e central da cidade de São Paulo. A Tabela 20 mostra a distribuição alcançada pela aplicação dos questionários e a distribuição real da população de São Paulo. Como se nota a estratificação dos dados ficou próximo da estratificação real da população paulistana, o que garante a conclusão extraída próxima da distribuição real.

Tabela 20 – Distribuição da população paulistana e dos questionários

Zona SP 2009	População (milhão)	Distribuição (%)	Questionários Aplicados (%)
Leste	3,6	33,0	32,0
Sul	3,1	28,5	26,3
Oeste	1,3	11,9	12,7
Norte	2,3	21,1	23,4
Centro	0,6	5,5	5,6
Total	10,9	100	100

Fonte: Autor Próprio (2018)

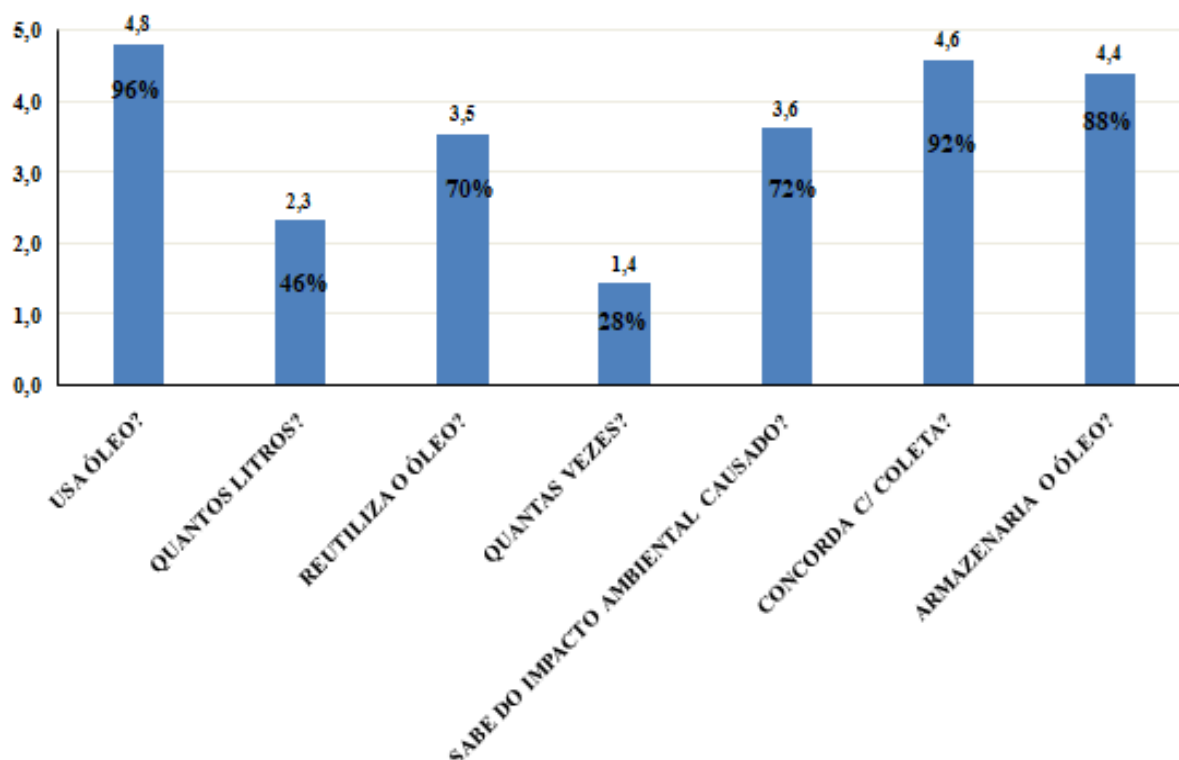
#### 4.5.2 Resultado dos questionários aplicados nas residências

A Figura 15 apresenta o grau de aceitação da população de acordo com a escala Likert 1-5, lembrando que valores menores que 3 são considerados como discordantes e maiores que 3 como concordantes na escala de 5 pontos. Como se nota quase toda população entrevistada afirmou usar óleos de frituras (4,8) que corresponde a (96%) dos entrevistados, já em relação à quantidade de óleo utilizado, o valor médio alcançou no período de 2016/2017, valores de 2,3 L por mês por residência.

O reuso do óleo apresentou resultado de (70%) dos entrevistados que afirmaram em grau de concordância de (3,5) na escala Likert, o que indica que em relação à quantidade de vezes desse reuso (1,4), ou seja, (28%) pelo menos reutiliza em média entre 1 ou 2 vezes o óleo residual. Sobre os impactos ambientais causados pelo descarte irregular, um grau de conhecimento (3,6) que corresponde a (72%) dos entrevistados, indicou que a maioria da população tem consciência dos prejuízos ambientais quando descartam o óleo residual de maneira irregular, muitos citaram alguns dos impactos causados; entre eles: “contaminação do solo”, “poluição das águas”, “entupimento de esgotos”.

A seguir, perguntou-se aos entrevistados se concordavam com a coleta seletiva e se armazenariam os óleos residuais, e as respostas foram grau de concordância (4,6), ou seja, (92%) e (4,4) que corresponde a (88%) respectivamente. Isso demonstra que a população estaria disposta a contribuir com medidas ambientalmente corretas no processo de descarte e armazenamento dos óleos residuais.

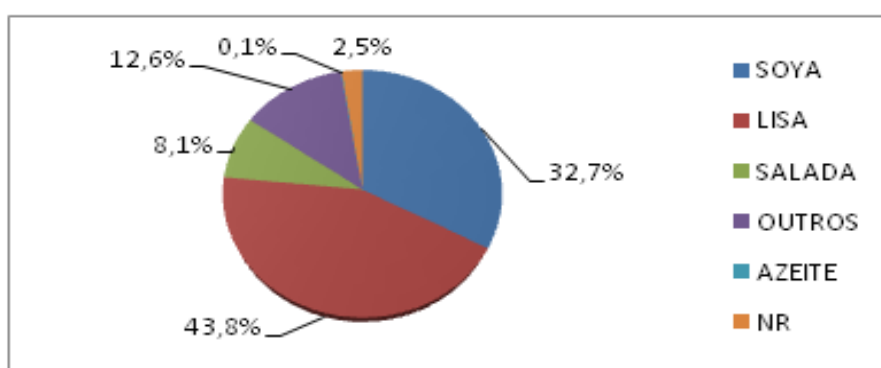
Figura 15 – Resposta sobre os questionários aplicados nas residências



Fonte: Autor Próprio (2018)

Conforme ilustra a Figura 16, em relação à marca do óleo mais utilizada nas residências, observou-se que (43,8%) preferem a marca Lisa, seguida de (32,7%) do óleo de soja Soya; as opções de frituras em azeite nas residências configuram apenas (0,1%) dos entrevistados, em virtude do preço do azeite ser superior ao do óleo de soja. Neste contexto os nomes comerciais ou “marcas”, foram elucidados para fosse possível identificar a composição do óleo utilizado nas residências.

Figura 16 – Marcas de Óleo mais consumidas nas residências

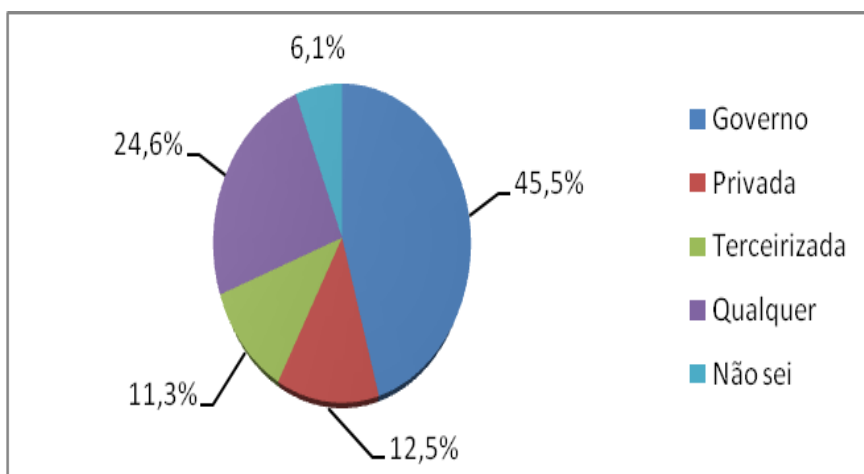


Fonte: Autor próprio (2018).



A Figura 17 ilustra a percepção da população sobre o tipo de empresa que deveria realizar a coleta seletiva do óleo residual, e comprovou-se que (45%) prefere que seja uma empresa pública. Toda esta receita pode gerar mais empregos, além de reduzir o impacto ambiental causado pelo descarte incorreto destes óleos e ainda gerar um combustível biodegradável e sustentável para uso nas frotas urbanas.

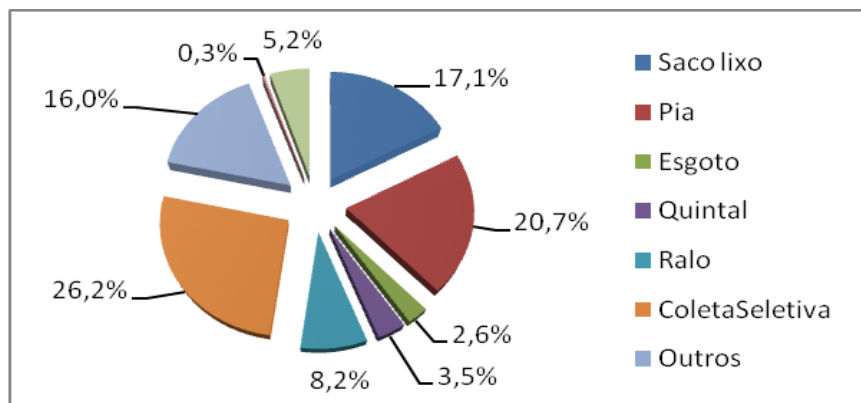
Figura 17 - Tipo de empresa para coleta seletiva de óleo em residências.



Fonte: Autor Próprio (2018)

Quando questionados sobre como descartam os óleos residuais, de acordo com a Figura 18, (26,2%) dos entrevistados afirmaram ter preocupação ambiental e buscarem a coleta seletiva de seus bairros; porém ainda há pouca divulgação ou até mesmo pontos de coletas seletivas para tal prática, o que faz com que um número alarmante de (20,7%) dos entrevistados descartem o óleo residual nas pias, ou ainda (17,1%) em sacos de lixo para coleta convencional.

Figuras 18 - Destino dos óleos residuais nas residências após o uso.



Fonte: Autor Próprio (2018).

Este óleo descartado de maneira incorreta causa sérias contaminações em aterros, e também nas galerias pluviais, causando doenças e prejudicando a simbiose das cadeias alimentares.

Um estudo semelhante na cidade de Goiânia, realizado por Rabelo & Ferreira (2008), observaram que (40%) dos moradores da cidade, armazenavam o óleo em sacos plásticos e depositavam no lixo convencional, que vai para o aterro sanitário de Goiânia, enquanto (20%) descartavam o óleo no ralo da pia da cozinha.

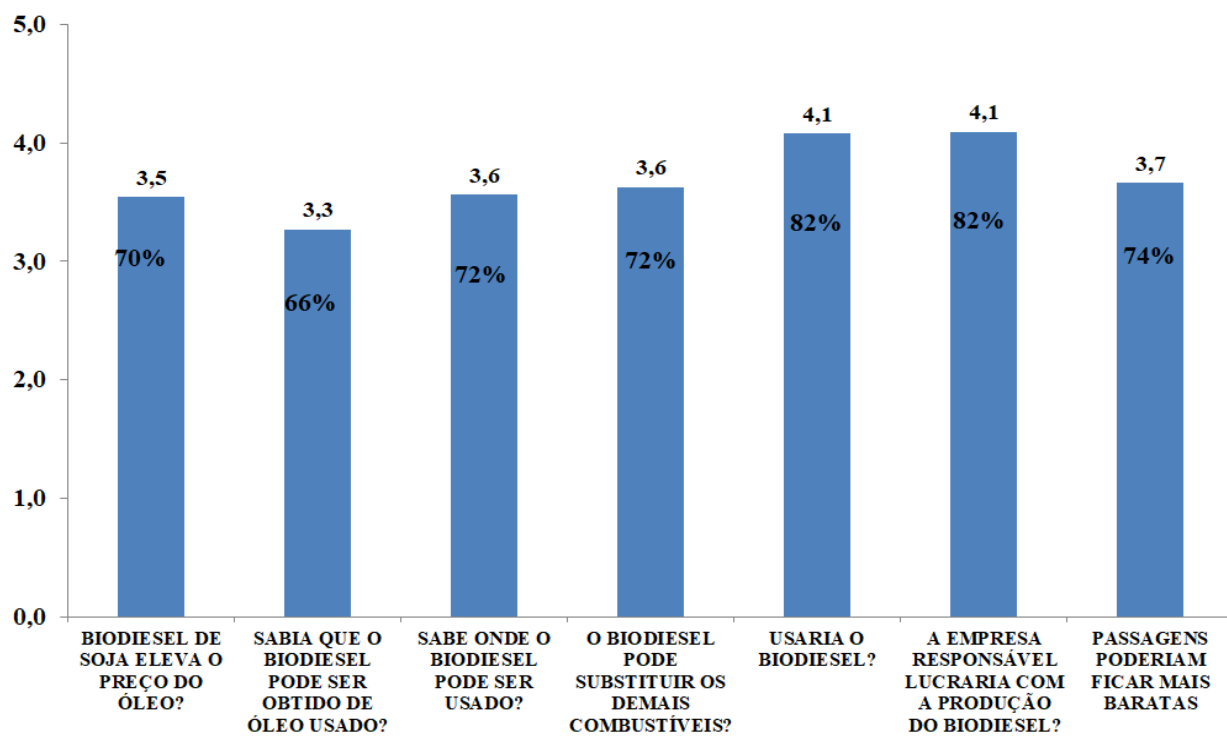
Outro dado alarmante foi constatado no estudo realizado por Thode Filho *et al.* (2014) realizado na cidade de Duque de Caxias-RJ, onde observaram que (66%) da população utilizam pias, vasos sanitários, ralos de cozinhas ou banheiros, ou ainda, no próprio terreno ou lixo comum para efetuar o descarte dos óleos residuais.

Portanto, iniciativas de educação ambiental, campanhas e incentivo a população de uma forma geral, configuram estratégias para minimizar esta prática incorreta.

A Figura 19 mostra através da escala Likert um grau de concordância em (3,5), que corresponde a (70%) dos entrevistados, que acreditam que a possibilidade de produzir biodiesel com óleo de soja pode aumentar o valor agregado do preço do óleo comestível nas prateleiras dos supermercados. Cerca de (66%) dos entrevistados afirmaram ter conhecimento sobre a produção de biodiesel através de óleos residuais, ainda entre as respostas um grau de concordância (3,6) que corresponde a (72%) dos entrevistados citaram como exemplos que o biodiesel pode ser utilizado como combustível em “carros de passeio”, “ônibus” e “caminhão”.

Em uma perspectiva positiva (4,1), ou seja, (82%) dos entrevistados utilizariam o biodiesel produzido por óleo residual e também acreditam que a empresa responsável por esta produção lucraria com o processo, e apenas (3,7) ou (74%) dos entrevistados reconhecem que a passagem de ônibus poderia ficar mais barata caso o biodiesel de óleos residuais passasse a abastecer a frota.

Figura 19 – Resposta das demais perguntas aplicadas nas residências



Fonte: Autor Próprio (2018)

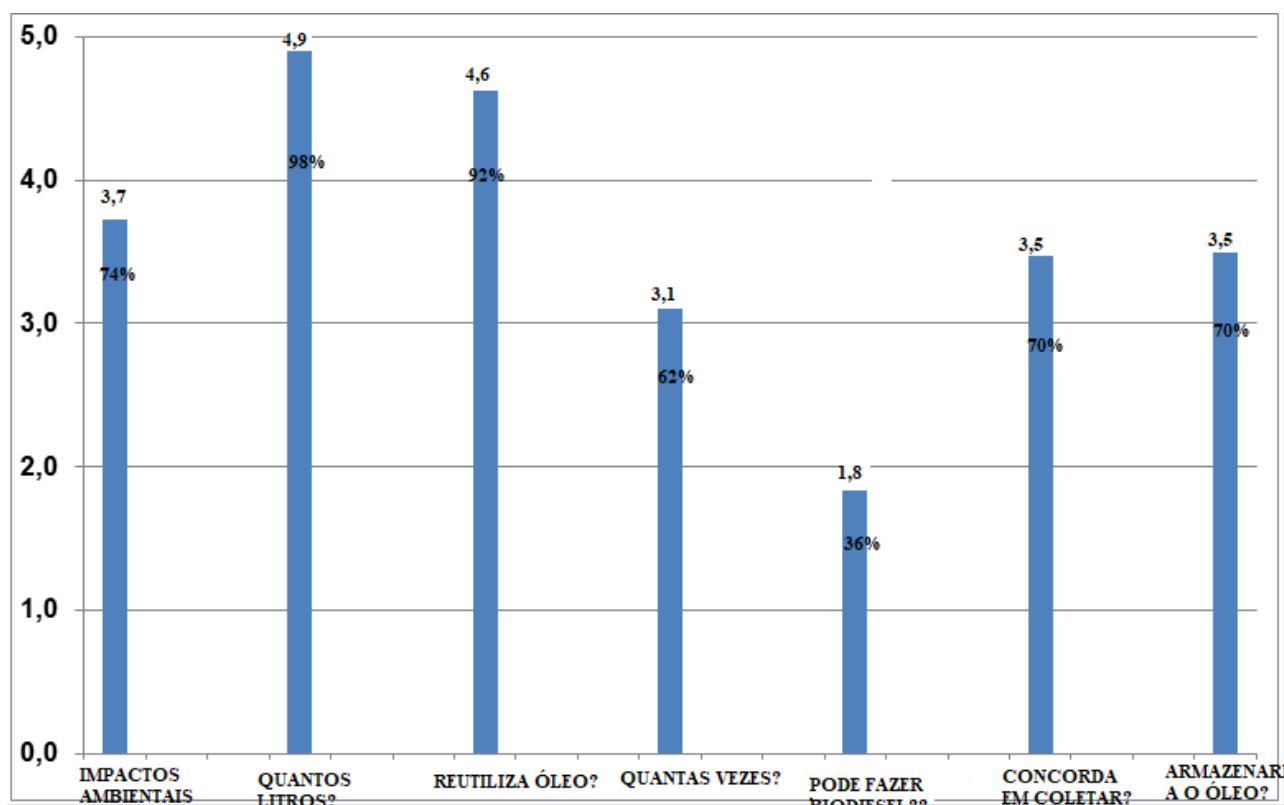
Desta forma observa-se que a população de uma forma geral, pretende atuar de forma colaborativa em relação à coleta seletiva do óleo, e apoia iniciativas de produção de biodiesel provenientes deste resíduo. Caberia aos governantes elaborar uma legislação que responsabilize e informe a maneira correta de descarte e coleta destes resíduos, além de instituir ações de conscientização à população promovendo incentivos para que esta coleta ocorra de forma espontânea e participativa.

#### 4.5.3 Resultado dos questionários aplicados nos restaurantes

De acordo com a Figura 20, como se nota grande parte dos restaurantes entrevistados afirmaram usar óleos de frituras (3,7) ou (74%), já em relação à quantidade de óleo utilizado, o valor médio alcançou valores de 93,3 L por mês por restaurante, estimou-se que (4,9), ou seja, (98%) dos restaurantes que afirmaram utilizar óleo em suas preparações, e consomem mais de 20 litros de óleo por mês. Com relação à reutilização do óleo obteve-se um grau de concordância de (4,6) ou (92%) afirmaram reutilizar o óleo, o que indica que em relação à quantidade de vezes desse reuso (3,1), ou seja, (62%) dos restaurantes paulistanos reutilizam

entre 3 vezes ou mais o óleo. Sobre os impactos ambientais causados pelo descarte irregular, obteve-se um grau de conhecimento (1,8), ou seja, (36%) apenas, um dado preocupante, pois grande parte dos gerentes entrevistados preferiu não mencionar como descartam os óleos residuais. A seguir, perguntou-se se os restaurantes concordavam com a coleta seletiva e se armazenariam os óleos, e as respostas foram grau de concordância (3,5), ou seja, (70%) respectivamente. Muitos restaurantes preferem vender estes óleos residuais para empresas produtoras de sabão e afins, ou ainda muitos produzem o seu próprio sabão.

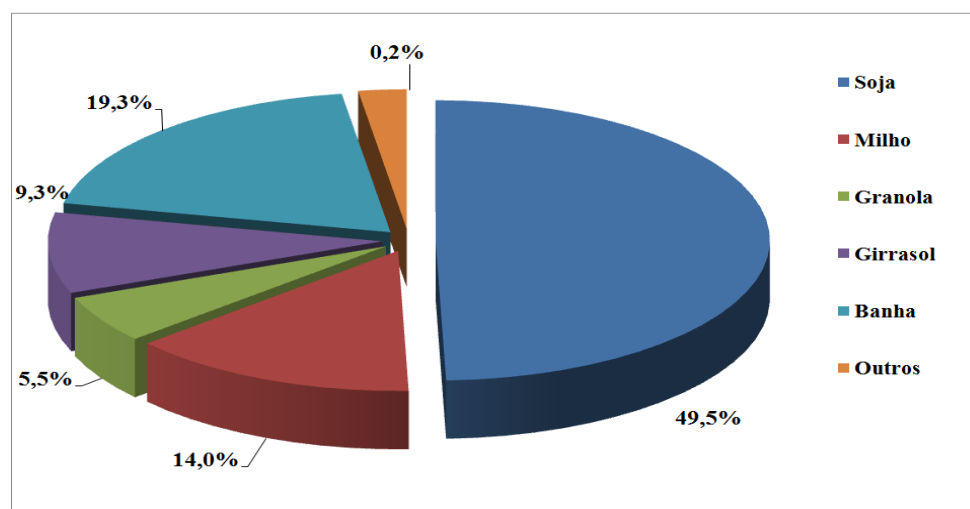
Figura 20 – Resposta sobre os questionários aplicados nas residências



Fonte: Autor Próprio (2018)

Conforme ilustra a Figura 21, o processo de fritura está presente na rotina da maioria dos restaurantes, foi possível observar nesta pesquisa que o consumo de óleo de soja (49,5%), devido seu baixo valor comercial, em relação aos outros óleos, foi a opção que representou o maior consumo, seguida pela banha (19,3%), já o óleo de granola por ter um alto custo se comparado ao óleo de soja e banha, representou apenas (5,5%) do consumo total dos restaurantes entrevistados.

Figura 21 – Composição dos óleos utilizados em restaurantes



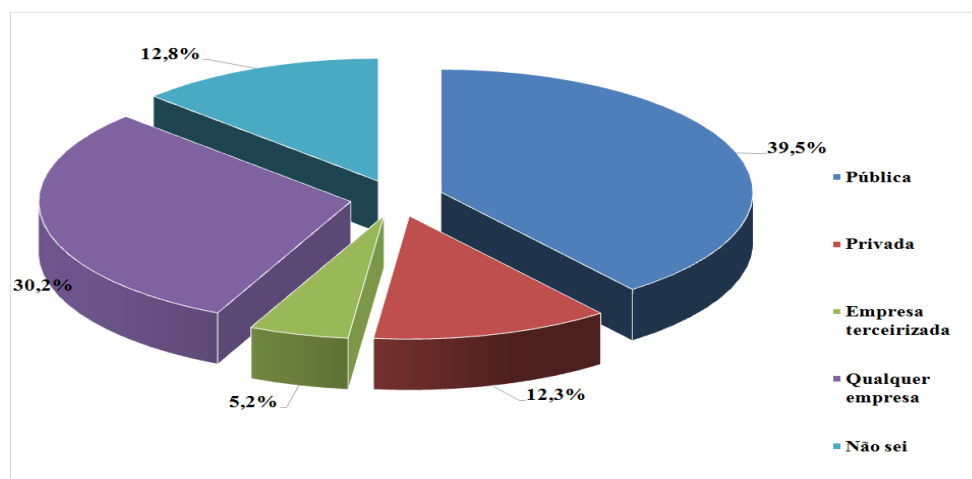
Fonte: Autor Próprio (2018)

Em um levantamento realizado em estabelecimentos comerciais de alimentos – barracas e feiras-livres, cadeias de fast-food, lanchonetes e pastelarias, restaurantes e cozinhas industriais – na cidade de São José do Rio Preto/SP, por exemplo, o estudo de Gonçalves e Ragazzi (2007) constatou que (86,2%) dos 58 estabelecimentos que entrevistaram utilizavam óleo de soja na fritura de alimentos.

Em pesquisa semelhante, Tavares *et al.* (2007) comprovaram que de 100 amostras analisadas de óleos e gorduras de frituras da Região Metropolitana da Baixada Santista, 76 eram de óleo de soja e o restante, gordura vegetal hidrogenada. Desta forma afirma-se que o baixo valor agregado ao óleo de soja, tende a elevar seu uso em restaurantes.

Quando questionados sobre o tipo de empresa que deveria coletar os óleos residuais, a Figura 22 ilustra que (39,5%) dos restaurantes entrevistados preferem que os óleos residuais de frituras sejam coletados por empresas públicas.

Figura 22- Tipo de empresa para coleta seletiva de óleo em restaurantes.

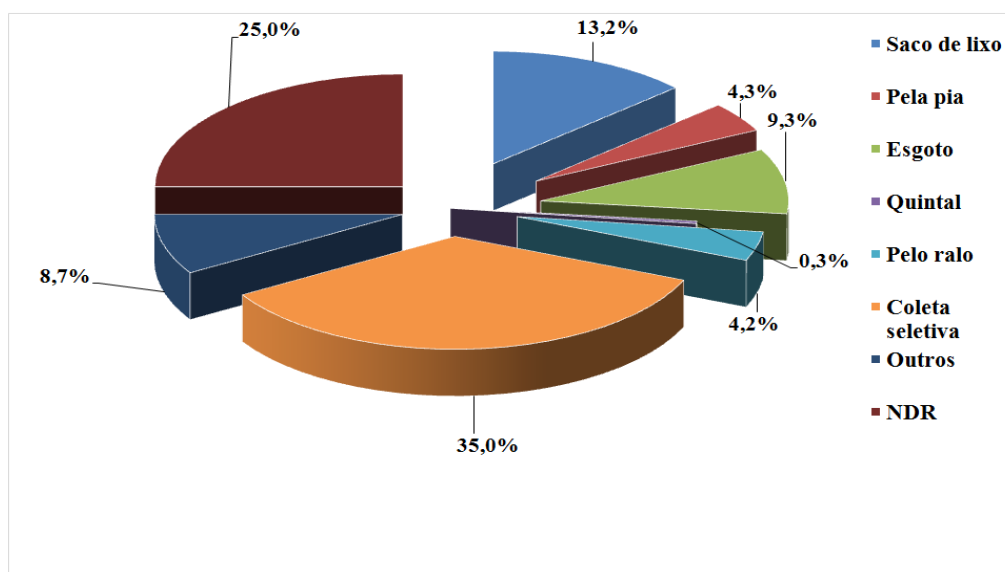


Fonte: Autor Próprio (2018).

O estudo proposto por Castelanelli (2008) na cidade de Ponta Grossa-PR apontou que (98%) dos entrevistados de restaurantes concordam com a coleta seletiva dos óleos residuais por empresa pública, enquanto (96%) concordariam na doação dos resíduos sem que houvesse algum incentivo financeiro pra isso.

A respeito da maneira como os restaurantes descartam os óleos residuais a Figura 23 ilustra dados importantes sobre este comportamento. Verificou-se que (35%) dos restaurantes entrevistados afirmaram realizar coleta seletiva, porém, uma outra parcela bem significativa (25%) afirmam descartar o óleo de maneira irregular em pia. Este descarte incorreto pode comprometer gerações futuras, contaminar rios, solos, e efetuar graves danos à cadeia alimentar e aos organismos aquáticos.

Figuras 23 - Destino dos óleos residuais dos restaurantes após o uso em restaurantes.



Fonte: Autor Próprio (2018).

Como o processo de fritura é grande e frequente nos restaurantes, o impacto gerado pelo descarte incorreto desses resíduos, feitos em pias, ralos e sacos de lixo; revelam a necessidade de campanhas de conscientização para coleta seletiva e reuso deste óleo de fritura, como forma de proteger o meio ambiente.

Comparando a o estudo realizado por Castro, Fernandes & Ramos (2017), que avaliaram a maneira de descartar óleos residuais por restaurantes e lanchonetes da cidade de Mogi das Cruzes-SP, verificaram que em torno de (43%) dos restaurantes responderam que o óleo foi descartado de forma correta. Em sua maioria o óleo residual era destinado a empresas que reciclam o produto, transformando-o em sabonete e outros subprodutos, porém, em nenhum caso, o óleo era destinado à produção de biocombustível. Outros (14%) de lanchonetes e restaurantes, admitiram que não se preocupavam muito com o destino do óleo, que acabava muitas vezes indo parar na rede de esgotos, e cerca de (23%) dos empreendedores responderam “outros”, no sentido de que eles mesmos armazenavam e tentavam dar um fim correto, seja levando na prefeitura, ou para empresas que realizavam outras ações com o óleo.

Sendo os restaurantes grandes potenciais consumidores do óleo, tornam-se importantes incentivos e campanhas para estimular o descarte correto destes dejetos a fim de evitar danos ambientais.

A logística reversa neste sentido ainda ocorre de forma lenta e gradual, pois há a necessidade de mais pontos de coleta, divulgação para população e empresas prestadoras de serviços para coletarem estes resíduos. Como o Brasil não dispõe de um regulamento ou legislação que defina legalmente o monitoramento do descarte para óleos e gorduras no processo de fritura fica difícil responsabilizar os atores deste processo.

#### 4. 6. Análise da sustentabilidade gerada pelo biodiesel obtido através dos óleos residuais.

Com base na quantidade de consumo mensal de óleo de fritura obtida através das respostas dos questionários aplicados nas residências (2,3 L mensais) e restaurantes (93 L mensais), mais a quantidade de restaurantes (30,2 mil) e residências (3,01 milhões) estimou-se um total de consumo de óleo de fritura de 9775 m<sup>3</sup>/mês, demonstrados no cálculo da equação 3, na página 40 deste trabalho. A Tabela 21 mostra a avaliação da qualidade do biodiesel obtido a partir da mistura dos óleos de restaurante e residência. Como se nota, todas as propriedades físico-químicas ficaram dentro das normas da ANP (2017). O rendimento médio do biodiesel foi de 90% do volume do óleo de fritura usado nos restaurantes e residências, obtidos através da equação 2, na página 39 deste trabalho.

Tabela 21 - Caracterização do biodiesel obtido da mistura de óleo de fritura

Fonte	Rendimento (%)	d <sub>biodiesel</sub> (g/mL)	Acidez (g/100g)	Umidade (g/100g)	Ponto Fulgor (°C)
Biodiesel	90,54±3,35	0,8835±0,0412	0,3627±0,2517	0,028±0,023	51,0±0,4
ANP	-	0,875 – 0,900	< 0,8	< 0,05	> 38

Fonte: Autor Próprio (2018)

Com a estimativa apresentada pelos questionários respondidos através do consumo de óleo por residências e restaurantes na cidade de São Paulo Paulo, usando a Equação 4, página 40 deste trabalho; foi possível chegar a 8836 m<sup>3</sup> de biodiesel por mês, o que pode ser considerado o potencial desta cidade para produzir biodiesel em um meio ambientalmente correto.

Esse volume equivale a (11,9%) a mais do que o consumo mensal de biodiesel puro da frota de ônibus da cidade de São Paulo (PMSP, 2018). O qual equivale a um custo mensal de óleo diesel de US\$ 22, 188,000 por mês, utilizando parte, em excesso de biodiesel, pode-se reduzir o custo de compra combustível por US\$ 4, 989,000 por mês em termos de custo total.



O excesso de biodiesel, 1600 m<sup>3</sup>, pode ser comercializado (US\$ 0,66/L), gerando um lucro de US\$ 1, 056,000 por mês.

Do volume total de biodiesel, usando a Equação 6, podem ser obtidas 1019 toneladas de glicerina por mês (US\$ 5,70 / kg), as quais, quando vendidas podem gerar US\$ 5,809,000 por mês. A partir do mesmo volume de biodiesel, usando a Equação 7, podem ser obtidos mais 19.517 créditos de carbono (2,7 Euros), o que gera US\$ 166,521 por mês. Somando todos os três, é possível atingir US\$ 7, 031,000 de renda mensal. O resultado da quantidade de excesso de biodiesel, glicerina e créditos de carbono é equivalente para US\$ 7, 031,000 mensais.

Somando este lucro com a redução de custos após a aquisição de combustível, a cidade de São Paulo poderia economizar US\$ 12, 020,000 por mês. Consequentemente, esta proposta para a coleta de óleo de fritura e produção de biodiesel reduziria os custos em até (54,17%) em termos de compra de óleo combustível.

No campo da Saúde, usando a mesma análise mensal para o biodiesel, como há um custo mensal devido às internações de R\$ 35.22.719 por mês. Assim, de acordo com a OMS, ao se substituir os combustíveis fósseis pelos biocombustíveis uma redução nas internações em 30% será alcançada e, consequentemente, uma redução equivalente nos custos, ou seja, US\$ 1, 056,816 por mês, o que equivale, a US\$ 330, 254,90 por mês. Este valor pode ser associado aos benefícios econômicos do biodiesel do óleo de fritura e assim, uma economia total de US\$ 12, 350,255 por mês.

Desta forma, ao se implantar a política de custos ecológicos, a cidade de São Paulo pode se beneficiar com:

- A cidade teria autonomia no consumo de combustível, ao ser usado na sua própria frota;
- pode deixar de ser consumidor para ser fornecedor de biodiesel;
- A redução do descarte indiscriminado de óleos;
- Diminuição dos gastos com produtos químicos usados no tratamento da água e de esgoto.
- Redução de mais de 98% das emissões de enxofre e de mais de 30% dos demais gases poluentes;
- Redução anual de mais de 9 mil internações de pessoas por doenças respiratórias causadas pelos gases liberados pelos combustíveis fósseis;

- Uma economia anual de R\$12.682 milhões com as internações de pessoas por doenças respiratórias;

- Evitar a crítica mundial de que o uso de óleo de cozinha (óleo de soja, azeite, óleo de milho, etc.) direto na produção do biodiesel elevaria o preço destes produtos, tornando-os inacessíveis às comunidades mais carentes.

- Contribuir com a redução da expansão agrícola, já que não haveria a necessidade de expandir a área agricultável para a produção de soja (e outras oleaginosas) para a produção de biodiesel;

- Diminuir o desmatamento de reservas florestais para aumentar a área agricultável, para a produção de oleaginosas destinadas à produção de biodiesel;

- Reduzir o aumento no consumo de água destinado a essa expansão agrícola;

- contribuir com a geração de um produto que não concorra com um alimento, neste caso os óleos destinados ao consumo humano;

- e assim, por mitigar tais impactos ambientais, melhorar a imagem da cidade perante a sociedade brasileira e mundial.

Em relação à emissão de poluentes no Brasil, a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017) estima que poluição atmosférica cause cerca de 20 mil óbitos/ano pela poluição externa e 10,7 mil óbitos ao ano decorrentes da poluição do ar em ambientes internos, o que totalizaria 30 mil óbitos recorrentes dos efeitos da poluição. Este estudo também comprovou que poluentes como  $MP_{10}$ ,  $MP_{2,5}$  e  $O_3$  apresentam relação direta com os agravos por internações causadas por doenças respiratórias. O uso do Biodiesel através de óleos residuais propostos neste estudo, reduziria nesse contexto emissões de  $CO_2$  (48,7%), CO (33,6%) e  $SO_2$  (100%), consequentemente reduzindo os números de internações por doenças respiratórias. Um resumo dos estágios da implantação da política de contabilidade de custos ecológicos é apresentado na Tabela 22, partindo do estágio menos para o mais sustentável.

Tabela 22 - Síntese dos estágios da contabilidade de custos ecológico apresentada neste trabalho

Campo	Estágio 1	Estágio 2	Estágio 3	Estágio 4
	Insustentável	Operações sustentáveis		Completamente sustentável
Ambiental	Descarte incorreto dos óleos.	Conscientização da População através de campanhas e incentivos.	A PMSP deve iniciar a coleta dos óleos durante a coleta do lixo, usando os caminhões de lixo com reservatórios para a coleta de óleo de fritura; Início da produção do biodiesel; Zero descarte irregular de óleo.	Planta de produção de biodiesel a partir do óleo de fritura para produção de em plena operação; ganho de 19 mil créditos de carbono por mês; Eliminação do uso de combustíveis fósseis; redução de pelo menos 30% das emissões gasosas devido aos combustíveis fósseis; Eliminação do descarte de óleo de fritura na rede de esgoto, lixo, solo e outros.
Econômica	Alto custo com a compra de Biodiesel; para remoção do óleo no tratamento de água e de efluentes e, com a internação de paciente devido à emissão de poluentes.	Custos com Propagandas e palestras.	Custo zero com a coleta do óleo de fritura; com o tratamento de água e esgoto devido à presença do óleo e com as internações devido às emissões gasosas.	Ganho mensal de: US\$ 1,056 milhão com a venda do excesso de biodiesel; US\$ 5,089 com a venda da glicerina; US\$ 0,166 milhões com créditos de carbono; redução do custo com a aquisição de biodiesel para frota em US\$ 4,989 milhões. Mais US\$ 0,330 de economia com as internações. Economia total US\$ 12,350 milhões por mês
Social	Cidade má vista, devido ao aumento da poluição do ar, corpos hídricos e do solo; aumento de enfermidades e mortes por doenças respiratórias.	Motivação da população e sensibilização dos motoristas com relação aos impactos das emissões gasosas pelos combustíveis fósseis.	Melhora na imagem da cidade e leve redução das internações e mortes por doenças respiratórias.	São Paulo passa a ter imagem de cidade não poluidora e participação ativa dos cidadãos e empresas; redução em 30% das internações e mortes por doenças respiratórias; Melhora na qualidade de vida da população.

Fonte: Autor Próprio (2018)

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSÕES E SUGESTÕES**

## 5. CONCLUSÃO

De todos os poluentes correlacionados com os padrões de qualidade do ar, os poluentes mais relevantes para este trabalho foram o Material Particulado ( $MP_{10}$ ), ( $MP_{2,5}$ ) e o Ozônio ( $O_3$ ); ambos apresentaram correlação de moderada a ruim, corroborando com aumento de casos de internações por doenças causadas pelo sistema respiratório, principalmente nos anos de 2013 e 2016. O  $MP_{10}$  esteve sempre acima de  $50 \mu\text{g} / \text{m}^3$  em todos os meses do período estudado, e nos meses de baixa pluviosidade seus valores excederam  $100 \mu\text{g} / \text{m}^3$  e a qualidade do ar foi ruim. Para  $MP_{2,5}$ , o valor ultrapassou  $20 \mu\text{g} / \text{m}^3$  em todos os anos e atualmente é duas vezes maior que os padrões da OMS. Os escores do  $O_3$  mantiveram níveis moderados ( $100 \mu\text{g} / \text{m}^3$ ), preconizados pela CETESB e OMS, mas excederam ao longo dos anos do período estudado, registrando aumento na média até o final do ano e correlação positiva com internações de pessoas por doenças respiratórias. Os níveis de  $CO$ ,  $SO_3$ ,  $NO_2$  estiveram dentro dos padrões de qualidade ao longo do período estudado, com uma diminuição nos últimos anos estudados, mas houve uma correlação positiva de seus níveis, com as internações de pessoas por doenças respiratórias, mostrou que a combinação desses gases é o que deveria ter causado essas hospitalizações. As emissões de gases e as internações hospitalares por doenças respiratórias tiveram comportamento inverso ao da precipitação pluviométrica mensal na cidade de São Paulo, indicando que em meses secos, quando não há precipitação, tende a aumentar as concentrações de emissões de gases poluentes na atmosfera, e conseqüentemente aumenta os casos de internações por doenças respiratórias provenientes desta exposição.

Propondo a substituição do Diesel, pelo Biodiesel obtido através dos óleos residuais, poderia reduzir em mais de 30% as emissões dos gases poluentes; o que resultaria na redução dos números de casos de internações em mais de 9 mil pacientes por ano, e representaria uma economia de US\$ 3,93 milhões por ano. Valor este que poderia ser investido em mobilidade urbana (ciclovias, linhas de trens e metrô) entre outras medidas; para desafogar o uso de automóveis no centro expandido e reduzir a emissão de poluentes. Através da aplicação dos questionários pode-se concluir que grande parte da população e dos restaurantes estariam dispostos a colaborar com uma coleta seletiva, o que também reduziria o destino incorreto destes dejetos que causam prejuízos ao meio ambiente.

A transformação do óleo residual em biocombustível comprova que o impacto ambiental do descarte do óleo de cozinha usado em corpos de água seria reduzido; não havendo

competição quanto ao valor do óleo de soja para critérios alimentícios; não há custo com fertilizantes, herbicidas ou pesticidas; não há consumo de ar, CO<sub>2</sub> ou materiais abióticos; o óleo de soja pode ser usado apenas para produtos alimentícios, evitando um aumento no preço deste óleo devido ao seu uso como um biocombustível.

Das entrevistas conseguiu-se prever que a cidade de São Paulo tem um potencial de produção de resíduos de fritura biodiesel de óleo de mais de 8800 m<sup>3</sup> por mês, o que é suficiente para atender as necessidades de sua frota de ônibus.

Em termos de custos, com a implantação da contabilidade de custos ecológicos aplicada à transformação do óleo de fritura em biodiesel a cidade de São Paulo ganharia mensalmente US\$ 1,056 milhões com a venda do excesso de biodiesel, US\$ 5,089 milhões com a venda da glicerina, US\$ 0,166 milhões com créditos de carbono, US\$ 4,989 milhões redução do custo com a aquisição de biodiesel para a sua frota e mais US\$ 0.330 milhões de economia com as interações, que equivaleria a uma economia total US\$ 12,350 milhões por mês.

Desta forma, a viabilidade econômica e técnica da produção de biodiesel do óleo de fritura residual são comprovadas auxiliando na redução de emissões de poluentes e nos gastos públicos com *Heath Care*.

## 5.1 Sugestões

### a. Sugestões para trabalho futuros

Como perspectivas futuras sugere-se:

- Ampliar o número de questionários para entrevistas (restaurantes e residências) a fim de reduzir o erro amostral;
- Propor ensaios de obtenção do Biodiesel por óleos residuais através de outras técnicas químicas, que não seja a transesterificação, para quantificar o rendimento dos subprodutos;
- Ampliar a coleta de dados de emissão de poluentes para avaliar a qualidade de ar comparando-os com as legislações vigentes CONAMA, OMS e CETESB;
- Ampliar o acompanhamento dos casos e custos com internações hospitalares para avaliar a influência e comportamento das emissões em relação com este processo;
- Propor o desenho de um modelo de coleta de óleos residuais efetuados pela PMSP;
- Propor um projeto de unidades de produção de biodiesel.

### b. Limitações da Pesquisa

Como limitações desta pesquisa compreende-se a necessidade de uma proposta de logística reversa a PMSP para realisar a coleta dos óleos residuais, além da necessidade de aplicação de uma Lei Federal específica sobre o descarte de óleo de cozinha; já que esta ausência dificulta o correto descarte ou a reciclagem por parte dos estabelecimentos e pelos próprios cidadãos, de forma que seria necessário criar condições concretas para impedir o lançamento de óleo na natureza, e uma fiscalização maior rigorosa nos estabelecimentos.

Algumas etapas são necessárias para que o retorno do óleo de fritura residual seja transformado em uma nova matéria-prima, sendo: o acondicionamento, coleta, armazenagem e movimentação até o local de produção. O acondicionamento, no caso das residências, pode ser feito por meio de recipientes com capacidades variadas entre 500 ml e 2 litros que devem ser levados a um ponto de entrega voluntária, nos restaurantes, os recipientes podem ter

capacidades variadas de 20 a 50 litros. Para a coleta e transporte, normalmente, utiliza-se um veículo adaptado (caminhão de lixo da prefeitura com coletor) para receber estes recipientes.

Alguns municípios, como o de Guarulhos, já se anteciparam e através de parcerias com empresas privadas, estabeleceram um processo de coleta seletiva com cerca de 300 pontos de coleta, em locais públicos e privados, como escolas, ONG's, supermercados e nos 17 PEV's (Pontos de Entregas Voluntárias) da Prefeitura de Guarulhos espalhados pela cidade. A capacidade de produção da usina será de 22litros de biodiesel por mês.

Entende-se como outras limitações desta pesquisa o aceleração na proporção do biodiesel ao Diesel, que poderia ser estimulado como uma força motriz pela ANP; além do uso de novas tecnologias que podem surgir como carros elétricos, veículos abastecidos por outras fontes renováveis como H<sub>2</sub>O; que podem vir a resultados tão positivos e de maneira mais rápida que os avanços com biodiesel.



## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## 6. RERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGBOR V.B., CICEK N., SPARLING R., BERLIN A., LEVIN D.B. Biomass pretreatment; fundamentals toward applications. *Biotechnology Advances*; v.29, n.6, p. 675-685, 2011.

ANP- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS *Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis*. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/Wdw=73191>> Acessado em: 02 Abril de 2018.

AMÂNCIO, T. C.; NASCIMENTO, C.F.L. Poluição ambiental e óbitos devido a acidente vasculoencefálico em uma cidade com baixos níveis de poluentes: estudo ecológico de séries temporais. *São Paulo Medical Journal*, v.132, n.6, 2014.

ANDERSEN, Z.J.; HVIDBERG, M.; JENSEN, S.S.; KETZEL, M.; LOFT, S.; SØRENSEN, M. et al. Chronic obstructive pulmonary disease and long-term exposure to traffic-related air pollution: a cohort study. *American Journal of Respiration and Critical Care Medicine*; v.183, n.4, p.455-461, 2011.

ANDRADE M.F., KUMAR P., FREITAS E.D., YNOUE R.Y., MARTINS J., NOGUEIRA T., MARTINEZ P.P., MIRANDA R.M., ALBUQUERQUE T., GONÇALVEZ F.L.T., OYAMA B., ZHANG Y. Air quality in the megacity of São Paulo: Evolution over the last 30 years and future perspectives. *Atmospheric Environment* v.159, p.66-2, 2017.

AHMAD, A.L.; YASIN, N.H.M.; DEREK, C.J.C.; LIM, J.K. Microalgae as a sustainable energy source for biodiesel production: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*; v.15, n.1, p. 584-593, 2011.

ARBEX, M. A.; SANTOS, U. P.; MARTINS, L. C.; SALDIVA, P. H.N.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F. Air pollution and the respiratory system. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*; v.38, n.5, p.643-655, 2012.

BANKOVICK-ILLIC I.B.; STOJKOVIĆ I.J., STAMENKOVIĆ O.S., VELJKOVIC V.B., HUNG Y.T. Waste animal fats as feedstocks for biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*; v.32, p.238–254, 2014.

BARAKOS, N. PASIAS S, PAPAYANNAKOS N. Transesterification of triglycerides in high and low quality oil feeds over a HT2 hydrocatalytic catalyst. *Bioresource Technology* v.99,p.5037-5042, 2008.

BARBIERI, J.C.; CAJAZEIRA, J. E. R. *Responsabilidade social empresarial e empresa sustentável: da teoria à prática*. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

BARBOSA, S. M. M. et al. Poluição do ar e a saúde das crianças: a doença falciforme. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.31, n.2, p.265-75, 2015.

BASTIANONNI S., COPPOLA F., TIEZZI E., CALACEVICH A., BORHINI F., FOCARDI S. Biofuel potential production from the Orbetello lagoon macroalgae: A comparison with sunflower feedstock. *Biomass and Bioenergy*; v.32, n.7, p.619 – 628, 2008.

BRAGA AL, SALDIVA PH, PEREIRA LA, MENEZES JJ, CONCEIÇÃO GM, LIN CA, et al. Health effects of air pollution exposure on children and Adolescents in São Paulo, Brazil. *Pediatric Pulmonology*; v.3, p.106-113, 2001.

BRAVO, M.A., SON, J., de FREITAS, C.U., GOUVEIA, N., BELL, M.L. Air pollution and mortality in São Paulo, Brazil: effects of multiple pollutants and analysis of susceptible populations. *Journal of Exposure Science Environmental Epidemiology*; v.26, n.02,p.150-161, 2016.

BENJUMEA, P., AGUDELO, J., AGUDELO, A. Basic properties of palm oil biodieseldiesel blends. *Fuel*, .v.87, p.2069-2075, 2008.

BENVENGA, M.A.C., LIBRANTZ, A.F.H., SANTANA, J.C.C., TAMBOURGI, E.B., Genetic algorithm applied to study of the economic viability of alcohol production from Cassava root from 2002 to 2013. *Journal Cleanear Production* v.113, p.483-494, 2016.

BERNARDES, J. Tráfego intenso em São Paulo aumenta internação por doença respiratória. Agência USP de notícias, 14 de maio de 2013. Disponível em: <<http://www5.usp.br/26980/trafego-intenso-em-sao-paulo-aumenta-internacao-por-doenca-respiratoria/>> Acessado em Maio de 2018.

BUSATO M.A.;STUMM C.A.; NOVELLO N.C. Descarte de óleo de cozinha e gordura vegetal em restaurantes comerciais. *Revista Meio Ambiente on-line*. v.10, n.02, 2014 .

CASTANHEIRA, E.G., FREIRE, F. Environmental life cycle assessment of biodiesel produced with palm oil from Colombia. *International Journal of Life Cycle Assessment*; v..21, n.1p.14-17, 2016.

CASTELANELLI, C.A. *Estudo da viabilidade da produção de biodiesel, obtido através do óleo de fritura usado, na cidade de SANTA MARIA –RS*. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós Graduação do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Maria, 2008.

CASTRO E.R.; FERNANDES F.C.; RAMOS M.V. *Desconhecimento é a maior barreira na produção de biocombustível oriundo de óleo reutilizado em Mogi das Cruzes/SP*. IX Sintagro – Simpósio Nacional de Tecnologia em Agronegócio, Botucatu-SP, 2017.

CESAR, G. C. A.; NASCIMENTO, C. F. L.; CARVALHO, A.J. Associação entre exposição ao material particulado e internações por doenças respiratórias em crianças. *Revista de Saúde Pública*, v.47, n.6, p.1209-12, 2013.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Disponível em<<http://www.cetesb.gov.br>>, Acessado em: 20 de Janeiro de 2018.

CINTRA, M. Os custos dos congestionamentos na cidade de São Paulo. Textos para Discussão da Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getulio Vargas FGV-EESP, 2014

CHUA C.B.H.; LEE H.M.; LOW J.S.C. Life cycle emissions and energy study of biodiesel derived from waste cooking oil and diesel in Singapore. *The International Journal of Life Cycle Assessment*; v.15, n.4, p.417-423, 2010.

CHULIÁN, M. F. Contabilidad de Costes Ecológicos Completos en España. Análisis Exploratorio Documento de trabalho 06/06. Universidad de Burgos, 2006. Disponível em: <[http:// ideas.repec.org/p/ntd/wpaper/2005-06.html](http://ideas.repec.org/p/ntd/wpaper/2005-06.html)>. Acesso em: 30 de Julho de 2018.

COELHO, S.Z.S.M. *Uma análise estatística com vistas a previsibilidade de internações por doenças respiratórias em função de condições meteorológicas na cidade de São Paulo*. 2007. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Políticas Ambientais. Disponível em: <[http:// www.mma.gov.br/conama](http://www.mma.gov.br/conama) > acessado em Outubro 2016.

COSTA R.G.R., SILVA C.G.T., COHEN S.C. A origem do caos – a crise de mobilidade no Rio de Janeiro e a ameaça à saúde urbana. *Cadernos Metrópole*; v.15 n..30,2013.

COSTA A.O. *A inserção do biodiesel na matriz energética nacional: aspectos socioeconômicos, ambientais e institucionais*. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.

COSTA NETO, P. R.; 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. *Química Nova*; v. 23, n. 4, p. 531-537, 2000.

CREMONEZ, P.A., FEROLDI, M., NADALETI, W., ROSSI, E., FEIDEN, A., CAMARGO, M.P., CREMONEZ, F.E., KLAJN, F.F., 2015a. Biodiesel production in Brazil: current scenario and perspectives. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*; 42, 415e428, 2015.

CRUZ D.M., OHARA D.G., CASTRO S.S., JAMAMI M. Hospitalization, deaths, expenses respiratory diseases and its relationship with climate change in the municipality of San Carlos - SP, Brazil. *Revista de Medicina de Ribeirão Preto (Ribeirão Preto. Online)*; v.49, n3,p. 248-257, 2016.

DATTA A., MANDAL BK. A comprehensive review of biodiesel as an alternative fuel for compression ignition engine. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*; v.5, p.799–821, 2016.

DENATRAN – DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. Disponível em: <<https://portalservicos.denatran.serpro.gov.br/#/>> Acessado em Outubro 2017.

DERISIO, J.C. *Introdução ao Controle de Poluição Ambiental*. São Paulo:Signus Editora, 2ª Edição, 2000.

DERMIBAS, A. Biodiesel from oilgae, biofixation of carbon dioxide by microalgae: A solution to pollution problems. *Applied Energy*; v.88, n.10, p.3541-3547, 2011.

DIAS M.O.S., FILHO R.M., MANTELATTO P.E., CAVALETT O. ROSSEL C.E.V., BONOMI A., LEAL R.L. Sugarcane processing for ethanol and sugar in Brazil. *Environmental Development*. v.15,p35–51, 2015.

ESCOBAR, N., RIBAL, J., CLEMENTE, G., RODRIGO, A., PASCUAL, A., SANJU\_an, N.Uncertainty analysis in the financial assessment of an integrated management system for restaurant and catering waste in Spain. *International Journal of Life Cycle Assesment*; v.20, p.1491-1510, 2015.

FAJERSZTAJN L., VERAS M., SALDIVA P.H.N. Como as cidades podem favorecer ou dificultar a promoção da saúde de seus moradores? *Estudos. Avançados*. v.30 n.86,2016.

FERNANDES, J. S.; CARVALHO, A. M.; CAMPOS, J. F.; COSTA, L. O., FILHO, G. B. Poluição atmosférica e efeitos respiratórios, cardiovasculares e reprodutivos na saúde humana. *Revista Médica de Minas Gerais* v.20, n1, p.92-101; 2010.

FREEDMAN B., BUTTERFIELD R.O., PRYDE E.H. Transesterification kinetics of soybean oil. *Journal American Oil Chemical Society*. v.63, p.1375-1380, 1986.

FIGUEIREDO FILHO D.B., SILVA JUNIOR J.A. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson. *Revista Política Hoje*, v.18., n1, p 115-146, 2009.

FUKUDA, H.; KONDO A., NODA H. Biodiesel Fuel production by transesterification of oils review. *Journal Bioscience and Bioengineering*, v.92, n.05, p.405-416, 2001.

GAVINIER, S.; NASCIMENTO, C.F.L. Poluentes atmosféricos e internações por acidente vascular encefálico. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, Taubaté, v.9, n.3, 2014.

GEHRING, U.; WIJGA, A.H.; BRAUER, M.; FISCHER, P.; JONGSTE, J.C., KERKHOF, M.; OLDENWENING, M.; SMIT, H. A.; BRUNEKREEFF, B. Traffic-related air pollution and the development of asthma and allergies during the first 8 years of life. *American Journal of Respiration and Critical Care Medicine*; v.181, n.6, p.596-603, 2010.

GIRAÇOL, J.; PASSARINI, K.C.; TAMBOURGI, E.B.; CALARGE, F.A.; SANTANA J.C.C., FILHO S.C.S. Reduction in ecological cost through biofuel production from cooking oils: an ecological solution for the city of Campinas, Brazil. *Journal of Cleaner Production*; v.19, p-1324-1329, 2011.

GODISH, T. Air Quality. Boca Raton: CRC Press LLC, 2004.

GOLDEMBERG J. *Biomassa e Energia. Química Nova*; v.32, n 03, p.582-587, 2009.

GONÇALVES FLT, COELHO MSZS. Variação da morbidade de doenças respiratórias em função da variação da temperatura entre os meses de abril e maio em São Paulo. *Ciência e Natureza*, UFSM. ; v32, p.103- 18, 2010.

GONZÁLEZ-DÍAZ N., ARIAS-CRU A., MACOUZET-SÁNCHEZ C.,PARTIDA-ORTEGA A.B. Impact of air pollution in respiratory allergic diseases. *Medicina Universitaria*. v.18, n.73,p.212---215, 2017.

GOUVEIA N., CORALLO F.P., LEON A.C.P., JUNGER W., FREITAS C.U. Air pollution and hospitalizations in the largest Brazilian metropolis. *Revista de Saude Pública.*;v.5,n.117, 2017.

HASAN M.M, RAHMAN M.M. Homogeneous charge compression ignition combustion: advantages over compression ignition combustion, challenges and solutions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*;v.5, p.282–91, 2016.

HASAN M.M, RAHMAN M.M. Performance and emission characteristics of biodiesel–diesel blend and environmental and economic impacts of biodiesel production: A review. *Renewable and Sustainable Energy Review*, v.74, n.938–948, 2017.

HAJJARI M., TABATABAEI M., AGHBASHLO M.,GHANAVATI H. A review on the prospects of sustainable biodiesel production: A global scenario with an emphasis on waste-oil biodiesel utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* v.72, p.445–464, 2017.

HARUN, R., SINGH, M., FORDE, G. M. & DANQUAH, M.K. Bioprocess engineering of microalgae to produce a variety of consumer products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*; v.14, n.10, p.1037-1047, 2010.

HEUMAN M, FOSTER LR, JONHSON L, KELLY L. Wood smoke air pollution and changes in pulmonary function among elementary school children. *84th Annual Meeting of*



*the Air and Waste Management Association*, Vancouver, BC, Air and Waste Management Association. 1991.

HU, G.; ZHOU, Y.; TIAN, J.; YAO, W.; LI, J.; LI, B.; RAN, P. Risk of COPD from exposure to biomass smoke: a metaanalysis. *Chemical Reviews* ; v.138, n.1, p.20-31, 2010.

ISLAM M.A.; HEIMANN K., BROWN R. Microalgae biodiesel: Current status and future needs for engine performance and emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* v.79, p.1160–1170, 2017.

JASINSKI, R.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A.L.F. Poluição atmosférica e internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças e adolescentes em Cubatão, São Paulo, Brasil, entre 1997 e 2004. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.27, n.11, p.2242-52, 2011.

KRAEMER, M.E.P. *Contabilidade rumo á pós-modernidade: um futuro sustentável, responsável e transparente*. IX Convenção de Contabilidade do Rio Grande do Sul, 13 a 15 de agosto de 2003 – Gramado –RS. 2003.

KELLY FJ, FUSSEL JC. Air pollution and airway disease. *Clinical Experience Allergy*. v.41, n.8, p.:1059-71, 2011.

KO, F.W.; TAM, W.; WONG, T.W.; CHAN, D.P.; TUNG, A.H.; LAI, C.K.; HUI, D.S. Temporal relationship between air pollutants and hospital admissions for chronic obstructive pulmonary disease in Hong Kong. *Thoracic Society*; v.62, n.9,p.780-185, 2007.

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

KUMAR, P., GOEL, A. Concentration dynamics of coarse and fine particulate matter at and around the signalised traffic intersections. *Environmental Science: Process & Impacts*; v.18, p.1220–1235, 2016.

KUNZLI N., PEREZ L., RAPP R. Air quality and health. *European Respiratory Society*; v.44, n.7, p.614-626, 2014.

LAGO S.M.S., ROCHA JUNIOR W.F. Logística reversa, legislação e sustentabilidade: o óleo de fritura residual como matéria-prima para produção de Biodiesel. *Revista Eletrônica Gestão & Sociedade*, v.10, n.27, p. 1437-1458, 2016.

LEE J.K., SAKA S. Biodiesel production by heterogeneous catalysts and supercritical. *Technologies. Bioresource Technology*; v.101, n.9, p.7191–7200, 2010.

LIN, C.-Y. e LIN, H.-A. Engine performance and emission characteristics of a three-phase emulsion of biodiesel produced by peroxidation. *Fuel Processing Technology* v.88, n.8, p.35–41, 2007.

LU, Y .Simultaneous saccharification of cassava starch and fermentation of algae for biodiesel production. *Journal Applied Phycology*, v.23, n.8, p.115-121, (2011).

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário - BIODIESELBR – Brazilian Biodiesel. *Tudo sobre biodiesel*. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/biodiesel.htm>> acessado em Janeiro 2018.

MADIWALEA S., BHOJWANIB V. An Overview on Production, Properties, Performance and Emission Analysis of blends of Biodiesel. In: *Global Colloquium in Recent Advancement and Effectual Researches in Engineering, Science and Technology*, 2016.

MANTOVANI K.C.C.; NASCIMENTO L.F.C.; MOREIRA D.S.; VIEIRA L.C.P.F.S.; VARGAS N.P. Poluentes do ar e interações devido a doenças cardiovasculares em São José do Rio Preto, Brasil. *Ciência e Saúde Coletiva* v.21,n.2, 509-515, 2016.

MARCONI, M.A., LAKATOS, E.M. *Técnicas de Pesquisa: pesquisa, planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa elaboração, análise e interpretação de dados*. 4ª ed. Revisada e ampliada São Paulo: Atlas, 1999.

MATA T.M, OMELAS M, NEVES S, CAETANO N.S. A sustainable production of biodiesel from Tallow, Yard, and Poultry fat & its Quality Evaluation. *Chemical Engineering Transactions*, v.19, p.13-8, 2010.

MEDEIROS M.A., LEITE C.M.M.; LAGO M.R. Use of glycerol by-product of biodiesel to produce an efficient dust suppressant. *Chemical Engineering Journal* v.180, n.22 p.364– 369, 2012.

MIRANDA, R.M., LOPES, F., ROSARIO, N.E., YAMASOE, M.A., LANDULFO, E., ANDRADE, M.F. The relationship between aerosol particles chemical composition and optical properties to identify the biomass burning contribution to fine particles concentration: a case study for Sao Paulo city, Brazil. *Environmental Monitorament.*, v.15,p.1060-1066,2017.

MIRANDA, A.C.; SILVA FILHO, S.C.; TAMBOURGI, E.B.; SANTANA, J.C.C.; VANALLE, R.M.; GHERHARDT, F. Analysis of the costs and logistics of biodiesel production from used cooking oil in the metropolitan region of Campinas (Brazil). *Renewable and Sustainable Energy Reviews* v.88, p.373-379, 2018.

MME- Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <http://mme.gov.br>. Acessado em Abril de 2018.

MONTEIRO R.M., KUGELMEIER C.L., PINHEIRO R.S., BATALHA M.O., CESAR A.S. Glycerol from biodiesel production: Technological paths for sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* v.88,p.109–122, 2018.

MOURA M, JUNGER WL, MENDONÇA GA, LEON AP. Qualidade do ar e transtornos respiratórios agudos em crianças. *Revista de Saúde Pública.*;v.42,p.503-511, 2008.

NAIK S.N., GOUD. V.V., ROUT P.K., DALAI K.A. Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* v.14, n.2, p.578–597, 2010.

NATALI R.M.T.; SANTOS D.D.P.S.; FONSECA A.M.C.;FILOMENO G.C.M.;FIGUEIREDO A.H.A.;TERRIVEL P.M.;MASSONI K.M.;BRAGAA.L.F. Perfil de internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças e adolescentes da cidade de São Paulo, 2000-2004. *Revista Paulista de Pediatria*, v.29,n.4,p.584-590, 2011.

NAYLOR, R.L., HIGGINS, M.M., 2017. The political economy of biodiesel in an era of low oil prices. *Renewable and Sustainable Energy Review*; v.77, p.695-705, 2017.

NASCIMENTO, L. F. C.; FRANCISCO, J.B. Material particulado e internação hospitalar por hipertensão arterial em uma cidade brasileira de porte médio. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.29, n.8, p.1565-71, 2013.

NARDOCCI, A. C. et al. Poluição do ar e doenças respiratórias e cardiovasculares: estudo de séries temporais em Cubatão, São Paulo, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.29, v.9, p.1867-76, 2013

NEGRISOLI, J.; NASCIMENTO, C.F.L. Poluentes atmosféricos e internações por pneumonia em crianças. *Revista Paulista de Pediatria*, v.31, n.4, p.501-6, 2013.

NIGAM P.S., SINGH A. Production of liquid biofuels from renewable resources. *Progress in Energy and Combustion Science*; v.37,n.1, p. 52-68, 2011.

NICOLUSSI, F. H. et al. Poluição do ar e doenças respiratórias alérgicas em escolares. *Revista de Saúde Pública*, v.48, n.2, p.326-30, 2014.

OLIVEIRA F.C., COELHO S.T. History, evolution, and environmental impact of biodiesel in Brazil: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* v.75, p.168–179, 2017.

OMS- Organização Mundial da Saúde. <<http://www.brasil.gov.br>> acessado em Abril 2018.

ÖNER, C., ALTUN, S. Biodiesel production from inedible animal tallow and an experimental investigation of its use as alternative fuel in a direct injection diesel engine. *Applied Energy* v.86, n.10, p.114-120, 2009.

OSTRO B, CHESTNUT L. Assessing the Health Benefits of Reducing Particulate Matter Air Pollution in the United States. *Environmental Research*; v.76,n.2,p.94-106, 1998.

OSAWA, C. C.; GONÇALVES, L. A. G.; RAGAZZI, S. Correlation between free fatty acids of vegetable oils evaluated by rapid tests and by the official method. *Journal of Food Composition*; v. 20, n. 6, p. 523-528, 2007.

PACHECO M.T., PARMIGIANI M.M.M., AMDRADE M.F., MORAWSKA L., KUMAR P. A review of emissions and concentrations of particulate matter in the three major metropolitan areas of Brazil. *Journal of Transport & Health* v.4, p.53–72, 2017.

PANDYA, R. J. et al. Diesel exhaust and asthma: hypotheses and molecular mechanism of action. *Environ Health Perspect*, v.110, (suppl 1), p.103-12, 2002.

PASSARINI, K. C.; PEREIRA, M. A.; FARIAS, T. M. B.; CALARGE, F. A.; SANTANA, C. C. Assessment of the viability and sustainability of an integrated waste management system for the city of Campinas (Brazil), by means of ecological cost accounting. *Journal of Cleaner Production*; v. 65, p. 479-488, 2014.

PARDO C.S., IRAZOQUE A.C., SUAREZ M.R. Potential of biodiesel from waste cooking oil in Mexico. *Biomass and Bio energy*, v. 56, p 230-238, 2013.

PARENTE, E. J. S. *Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado*. 1ª edição, Editora: Essentia Tecbio, Fortaleza, CE, 2003.

PEREIRA, E. *Poluentes no ar de SP superam níveis recomendados pela OMS*. Folha de São Paulo, 01 de Junho de 2014. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/saopaulo/2014/06/1462595-poluentes-no-ar-de-sp-superam-niveis-recomendados-pela-oms.shtml>> Acessado em Maio de 2018.

PETROBRÁS. Biocombustíveis. Disponível em <[www.petrobras.com.br](http://www.petrobras.com.br)> Acessado em Fevereiro de 2018.

PINHEIRO, S.L.L.A., SALDIVA, P.H.N., SCHWARTZ, J., ZANOBETTI, A. Isolated and synergistic effects of PM10 and average temperature on cardiovascular and respiratory mortality. *Revista de Saúde Pública*, v.12,n.03,p 756-765,2014.

PLEANJAI S.; GHEWALLA H.; GARIVAIT S. Environmental Evaluation of Biodiesel Production from Palm Oil in a Life Cycle Perspective. *Asian Journal Energy Environmental*, v.8, n.1, pp. 15-32, 2009.

PNPB - *Programa Nacional de Uso e Produção do Biodiesel. Biodiesel, o novo combustível do Brasil*. Disponível em <[www.biodiesel.gov.br](http://www.biodiesel.gov.br)> Acessado em Março de 2018.

PMSP- Prefeitura Municipal de São Paulo. Disponível em <http://www.capital.sp.gov.br/portal/>. Acesso em: 02 de abril de 2016.

SPTRANS – São Paulo Transportes. Disponível em : <http://www.sptrans.com.br> Acessado em: 7 de abril de 2018.

PAN, G.; ZHANG, S.; FENG, Y.; TAKAHASHI, K.; KAGAWA, J.; YU, L.; WANG, P.; LIU, M.; LIU, Q.; HOU, S.; PAN, B.; LI, J. Air pollution and children's respiratory symptoms in six cities of northern China. *Respiratory Medicine*, v.104, n.12, p.1903 - 1911, 2010.

PAIVA R.F.P. S. Morbidade hospitalar por doenças associadas à poluição do ar na cidade de Volta Redonda, Rio de Janeiro: casos e custo econômico. *Caderno Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v.22, n2,p.127-32 127, 2014.

RABELO R.A.; FERREIRA M.O. Coleta seletiva de óleo residual de fritura para aproveitamento industrial. Universidade católica de Goiás, 2008. Disponível em:<http://www.pucgoias.edu.br/ucg>. Acessado em Outubro 2017.

RAGHU S., SPENCER J.L., DAVIS A., WIEDENMANN R.N. Ecological considerations in the sustainable development of terrestrial biofuel crops. *Environmental Sustainability*, v.03, p.15-23, 2011.

RAMADHAS, A. S.; JAYARAJ, S.; MURALEEDHARAN, C. Biodiesel production from high FFA rubber seed oil. *Fuel*, v 84, p 335–340, 2008.

RICO J.A.P., SAUER I.L. A review of Brazilian biodiesel experiences. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.45, p.513–529, 2015.

ROMÃO, R. et al. Relação entre baixo peso ao nascer e exposição ao material particulado inalável. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.29, n.6, p.1101-8, 2013.

SANDER A., KOSCAK M.A., KOSIR D., MILOSAVLJEVIC N., VUKOVIC J.P., MAGIC L. The influence of animal fat type and purification conditions on biodiesel quality. *Renewable Energy* v.118, p.752-760, 2018.

SANTOS, B.S., CAPAREDA, S.C., CAPUNITAN, J.A.. Engine performance and exhaust emissions of peanut oil biodiesel. *J. Sustainable. Energy Environmental* V.3, p.272-286, 2013.

SANTOS, V. P.; MEDEIROS, A. P. P.; DE LIMA, T. A. C. O papel dos poluentes atmosféricos sobre o peso ao nascer em cidade de médio porte Paulista. *Revista Paulista de Pediatria*, v.32, n.4, p.306-12, 2014.

SAJJADI B, ABDUL RAMAN AA, ARANDIYAN H. A comprehensive review on properties of edible and non-edible vegetable oil-based biodiesel: composition, specifications and prediction models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* ;v.63,p.62–92, 2016.

SAMAVI, M., GHOBADIAN, B., ARDJMAND, M., SEYFKORDI, A. Prediction of biodiesel properties and its characterization using fatty acid profiles. *Kor. Journal Chemical and Engineering*; v.33, p.2042-2049, 2016.

SCIENTIA\_BIOCOMBUSTÍVEIS. Sustentabilidade em energia sem acréscimo de dióxido de carbono na atmosfera. Disponível em: <http://sites.google.com.br>

SEVERO Jr., J.B., De SÁ OLIVEIRA, L.S., SARDEIRO, F.S., De SOUZA, R.R., LOPES, F.L.G., SANTANA, J.C.C., Tambourgi, E.B. Response surface methodology to evaluation the recovery of amylases by hollow fiber membrane. *Brazilian Archives of Biology and Technology*; v.50, p.713e718, 2007.

SHARMA Y.C. SINGH B. Advancements in development and characterization of biodiesel: A review. *Fuel* 87 (2008).

SILVA, FILHO, S. C.; MIRANDA, A. C.; SILVA, T. A. F.; CALARGE, F. A.; SOUZA, R. R.; SANTANA, J. C. C.; TAMBOURGI, E. B. Environmental and techno-economic considerations on biodiesel production from waste frying oil in São Paulo city. *Journal of Cleaner Production*, v. 183, p. 1034-1043, 2018.

SILVA L.E.O. *Limites e potencialidades do Tucumã como fonte de energia para regiões isoladas da Amazônia*. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós Graduação do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Brasília (UNB), 2012.

SILVA T.A.R. *Biodiesel de Óleo Residual: Produção através da Transesterificação por metanólise e etanólise básica, caracterização físico química e otimização das condições reacionais*. Tese de Doutorado do Departamento de em Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia, 2011.



SILVA, M.J., SOUZA, S.N.M., SOUZA, A.A., MARTINS, G.I., SECCO, D.. Engine-generator diesel cycle under five proportions of biodiesel and diesel. *Revista Brasileira de Engenharia . Agrícola e Ambiental*. V.16, p.320-326, 2012.

SOARES, S., MELCHERT, W.R., ROCHA, F.R.P. A flow-based procedure exploiting the lab-in-syringe approach for the determination of ester content in biodiesel and diesel/biodiesel blends. *Talanta* v.174, p.556e56, 2017.

SOLÉ, D.; CAMELO-NUNES, I. C. ; WANDALSEN, G. F.; PASTORINO, A. C.; JACOB, C. M. A.; GONZALEZ, C.; WANDALSEN, N. F.; ROSÁRIO FILHO, N. A.; FISCHER, G. B.; NASPITZ, C. K. Prevalence of Symptoms of Asthma, Rhinitis, and Atopic Eczema in Brazilian Adolescents Related to Exposure to Gaseous Air Pollutants and Socioeconomic Status. *Journal Investigation on Allergology and Clinical Immunol*; v. 17, n.1, p.6-13,2007.

SHUSTERMAN D. The effects of air pollutants and irritants on the upper airway. *American Thoracic Society*; v.8, n.1, p101-105, 2011.

SUS – SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE. Disponível em: <<http://portalms.saude.gov.br/sistema-unico-de-saude>> Acessado em: Fevereiro 2018.

TALEBI, A.F., TABATABAEI, M., CHISTI, Y. BiodieselAnalyzer®: a user-friendly software for predicting the properties of prospective biodiesel. *Biofuel Research Journal*; v2, p.55-57, 2014.

TAKAHASHI, M., F. Óleo de fritura: de resíduo a riqueza. *Revista BiodieselBR*. Edição 36, de Ago/Set. 2013. Disponível em: Acesso em: 17 set. 2015.

TAVARES, M.; GONZALEZ, E.; DA SILVA, M. L. P.; BARSOTTI, R. C. F.; KUMAGAI, E. E.; CARUSO, M. S. F.; AUED-PIMENTEL, S.; RUVIERI, V.; DE SOUZA, D. L. Avaliação da qualidade de óleos e gorduras utilizados para fritura no comércio da região

metropolitana da Baixada Santista, estado de São Paulo. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, v. 66, n. 1, p. 40-44, 2007.

TEIXEIRA, L.S.G., COUTO, M.B., SOUZA, G.S., ANDRADE FILHO, M., ASSIS, J.C.R., GUIMARÃES, P.R.B., PONTES, L.A.M., ALMEIDA, S.Q., TEIXEIRA, J.S.R. Characterization of beef tallow biodiesel and their mixtures with soybean biodiesel and mineral diesel fuel. *Biomass and Bioenergy*; v.34, n.4, p.438e441, 2010.

THODE FILHO S., SANTO A.S.S.,ALMEIDA T.M., SILVA E.R. Tecnologia ambiental aplicada ao gerenciamento e processamento do óleo vegetal residual no estado do Rio de Janeiro. *Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas* ,v. 15 n. 15 , 2013.

UDDEEN B.H., AZIZ A.R.A., DAUD W.M.A.W.;CHAKRABARTI M.H. Performance evaluation of biodiesel from used domestic waste oils: A review. *Process Safety and Environmental Protection*; v.90, p.164–179, 2012.

VERMA P., SHARMA MP. Review of process parameters for biodiesel production from different feedstocks. *Renewable and Sustainable Energy Review*; v.62,p.1063–71, 2016.

VIEIRA, S.E.; STEIN, R.T.; FERRARO, A.A.; PASTRO, L.D.; PEDRO, S.S.C.; LEMOS, M.; SILVA, E. R.; SLY, P. D.; SALDIVA, P. H. Urban air pollutants are significant risk factors for asthma and pneumonia in children: The influence of location on the measurement of pollutants. *Archives of Bronconeumology*, v. 48, n.11, p. 389 - 395, 2012

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Air quality guidelines*. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Copenhagen: World Health Organization; 2005.

XIAOLIN, L.; YUANXUN, Z.; MINGGUANG, T.; JIANGFENG, L.; LIANGMAN, B.; GUILIN, Z.; YAN, L.; ATSUO, I. Atmospheric lead pollution in fine particulate matter in Shanghai, China. *Journal of Environmental Sciences*, v.2, n.1118 - 1124, 2009.

YAAKOB Z., MOHAMMAD M., ALHERBAWI M., ALAM Z., SOPIAN K. Overview of the production of biodiesel from Waste cooking oil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*;v.18,p.184–193, 2013.

YANAGI, Y.; ASSUNÇÃO, V. J.; BARROZO, V.L. Influência do material particulado atmosférico na incidência e mortalidade por câncer no Município de São Paulo, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.28, n.9, p.1737-48, 2012.

## **APÊNDICES**

## Apêndice I – Questionário de Pesquisa

### Questionário de Pesquisa

Este questionário é destinado às residências da cidade de São Paulo. Ele refere-se a utilização do óleo em frituras, seus possíveis impactos ambientais ao serem descartados no ambiente e a produção de biodiesel a partir de algumas fontes em comum.

1. Em qual zona da cidade você mora?

Centro ( )

Leste ( )

Oeste ( )

Sul ( )

Norte ( )

Não desejo responder essa pergunta ( )

2. Qual seu sexo?

Feminino ( )

Masculino ( )

Outros ( )

Não desejo responder essa pergunta ( )

3. Qual sua idade?

18 a 25 anos ( )

26 a 35 anos ( )

36 a 45 anos ( )

46 a 55 anos ( )

Mais de 55 anos ( )

Não desejo responder essa pergunta ( )

4. Qual (is) sua profissão (es)?

Não desejo responder essa pergunta ( )

Profissão (es): -----

5. Qual sua faixa de renda salarial?

Menos de RS 500,00 ( )

De RS 501,00 a RS 1.000,00 ( )

De RS 1001,00 a RS 3.000,00 ( )

Mais de RS 3.000,00 ( )

Não desejo responder essa pergunta ( )

Alguma observação:-----

6. Qual seu grau de escolaridade?

Não alfabetizado ( )

1 grau completo ( )

1 grau incompleto ( )

2 grau completo ( )

2 grau incompleto ( )

Superior completo ( )

Superior Incompleto ( )

Pós Graduação Completa ( )

Pós Graduação Incompleta ( )

Não desejo responder essa pergunta ( )

7. Qual seu estado civil?

Casado ( )

Solteiro ( )

Viúvo ( )

Divorciado ( )

Outros ( )

Se outros cite: -----

Não desejo responder essa pergunta ( )

8. Você utiliza óleo na preparação dos alimentos em sua casa?

- Sim.
- Provavelmente sim.
- Não sei.
- Provavelmente não.
- Não.

9. Qual a quantidade em litros que você costuma utilizar por mês?

- Não sei dizer.
- 1 litro
- 2 litros
- 3 litros
- mais de 3 litros

10. Qual a marca de óleo que você costuma utilizar?

- Soya
- Lisa
- salada
- Outras

Se outros, cite: -----

11. Quanto deste óleo é destinado a frituras?

- Menos de 1 Litro
- 1 litro
- 2 litros
- 3 litros
- mais de 3 litros

12. Você costuma reutilizar os óleos ds frituras?

- Sim.
- Provavelmente sim.
- Não sei.
- Provavelmente não.
- Não.

13. Caso costume reutilziar, quantas vezes você reutiliza?

- 1 vez
- 2 vezes
- 3 vezes
- Mais de 3 vezes

14. Depois do óleo utilizado ou reutilizado, como você o descarta?

- Saco de Lixo
- Pela Pia
- Esgoto
- Quintal
- Pelo ralo
- Coleta Seletiva
- Outros
- Não desejo responder essa pergunta
- Se outros, cite: -----

15. Você sabe o impacto que tem no meio ambiente se o óleo for descartado de maneira incorreta?

- Sim.
- Provavelmente sim.
- Não sei.
- Provavelmente não.
- Não.

16. Caso positivo, cite alguns exemplos;

- 1.-----
- 2.-----
- 3.-----
- 4.-----
- 5.-----

17. Você concordaria com a coleta periódica dos óleos usados em frituras, assim como coletam lixos nas residências?

- Sim.
- Provavelmente sim.



- Não sei.
- Provavelmente não.
- Não.

18. Você armazenaria o óleo após ele ser usado nas frituras para que este fosse coletado?

- Sim.
- Provavelmente sim.
- Não sei.
- Provavelmente não.
- Não.

19. Você acha que esta coleta deveria ser realizada em quanto tempo?

- Diariamente
- Semanalmente
- Mensalmente
- Quinzenalmente
- Mensalmente
- Não sei
- outro período

Se outro, cite:-----

20. Você acha que a coleta seletiva deveria ser realizada por uma empresa:

- Pública (orgão do governo)
- Privada (órgão não governamental)
- Empresa terceirizada pelo governo
- qualquer empresa
- Não sei

21. Você acredita que se o governo incentivasse a produção de Biodiesel com óleo comestível (soja, milho, azeite, outros) irá elevar o valor do óleo nas prateleiras do supermercado?

- Sim.
- Provavelmente sim.
- Não sei.
- Provavelmente não.
- Não.

22. Você sabia que o Biodiesel pode ser obtido de óleos utilizados em frituras?

- Sim.
- Provavelmente sim.
- Não sei.
- Provavelmente não.
- Não.

23. Você sabe onde o Biodiesel pode ser utilizado?

- Sim.
- Provavelmente sim.
- Não sei.
- Provavelmente não.
- Não.

24. Caso positivo, cite exemplos:

- 1.-----
- 2.-----
- 3.-----
- 4.-----
- 5.-----

25. Você acredita que futuramente os combustíveis comuns (gasolina, álcool, diesel, gás) podem ser substituídos pelo Biodiesel?

- Sim.
- Provavelmente sim.
- Não sei.

Provavelmente não.

Não.

26. Você sabe qual é o combustível mais barato?

Álcool ( )

Gasolina ( )

Gás natural ( )

Óleo Diesel ( )

Não sei ( )

27. Você mudaria seu hábito de utilizar o combustível comum para utilizar o Biodiesel?

Sim.

Provavelmente sim.

Não sei.

Provavelmente não.

Não.

28. Você sabe qual destes combustíveis polui menos?

Álcool ( )

Biodiesel ( )

Gasolina ( )

Gás natural ( )

Óleo Diesel ( )

Outros ( )

29. Você acha que a empresa que passasse produzir biodiesel a partir de óleo de frituras coletados nas residências obteria lucro com a venda deste combustível?

Sim.

Provavelmente sim.

Não sei.

Provavelmente não.

Não.

30. Você acha que se a prefeitura ou qualquer órgão público fizessem o biodiesel a partir de óleo de fritura coletado nas residências e utilizasse este combustível em suas frotas de ônibus, o preço da passagem poderia diminuir?

Sim.

Provavelmente sim.

Não sei.

Provavelmente não.

Não.

## Apêndice II – Questionário de Pesquisa

### Questionário de Pesquisa

Este questionário é destinado aos restaurantes da cidade de São Paulo. Ele refere-se a utilização do óleo em frituras, seus possíveis impactos ambientais ao serem descartados no ambiente e a produção de biodiesel a partir de algumas fontes em comum.

1. Em qual zona de São Paulo o restaurante se localiza?

Centro ( )

Leste ( )

Oeste ( )

Sul ( )

Norte ( )

Não desejo responder essa pergunta ( )

2. O restaurante utiliza óleo para frituras?

( ) Sim.

( ) Provavelmente sim.

( ) Não sei.

( ) Provavelmente não.

( ) Não.

3. Qual óleo o restaurante utiliza?

Soja ( )

Milho ( )

Granola ( )

Girassol ( )

Banha ( )

Outros ( )

Especificar: -----

4. Qual a quantidade em litros que o restaurante utiliza por semana?
- Até 5 litros ( )
- Até 10 litros ( )
- Até 20 litros ( )
- Acima de 20 Litros ( )
- Especificar, se acima de 20 Litros:-----
5. Do consumo citado acima, qual a quantidade que não é usada em frituras?
- 1 Litro ( )
- 2 Litros ( )
- 3 Litros ( )
- Mais de 3 Litros ( )
6. O restaurante reutiliza os óleos das frituras?
- ( ) Sim.
- ( ) Provavelmente sim.
- ( ) Não sei.
- ( ) Provavelmente não.
- ( ) Não.
7. Caso o restaurante costume reutilizar, quantas vezes reutiliza?
- Até 1 vez ( )
- Até 2 vezes ( )
- Até 3 vezes ( )
- Mais de 3 vezes ( )
8. Depois do óleo utilizado ou reutilizado, como o mesmo é descartado?
- Saco de Lixo ( )
- Pela Pia ( )
- Esgoto ( )
- Quintal ( )
- Pelo ralo ( )
- Coleta Seletiva ( )

Outros ( )

Não desejo responder essa pergunta ( )

Se outros, cite: -----

9. Você conhece o impacto que tem no meio ambiente se o óleo for descartado de maneira incorreta?

( ) Sim.

( ) Provavelmente sim.

( ) Não sei.

( ) Provavelmente não.

( ) Não.

10. Em caso positivo, cite exemplos:

1-----

2-----

3-----

11. Você concordaria com a coleta periódica dos óleos utilizados, assim como acontece com a coleta de lixo?

( ) Sim.

( ) Provavelmente sim.

( ) Não sei.

( ) Provavelmente não.

( ) Não.

12. Você armazenaria o óleo após o mesmo ser utilizado ou reutilizados nas frituras para que fosse coletado?

( ) Sim.

( ) Provavelmente sim.

( ) Não sei.

( ) Provavelmente não.

( ) Não.

13. Esta coleta deveria ser realizada em quanto tempo?

- Diariamente
- Semanalmente
- Mensalmente
- Quinzenalmente
- Mensalmente
- Não sei
- outro período

14. Por qual tipo de empresa você acha que esta coleta deveria ser realizada?

- Publica
- Privada
- Empresa terceirizada
- Qualquer empresa
- Não sei

15. Você acredita que se o governo incentivasse a produção de Biodiesel com óleo comestível (soja, milho, azeite, outros) isto iria elevar o valor do óleo nas prateleiras do supermercado?

- Sim.
- Provavelmente sim.
- Não sei.
- Provavelmente não.
- Não.

16. Você sabia que o Biodiesel pode ser obtido de óleos utilizados em frituras?

- Sim.
- Provavelmente sim.
- Não sei.
- Provavelmente não.
- Não.



17. Você sabe onde o Biodiesel pode ser utilizado?

- Sim.
- Provavelmente sim.
- Não sei.
- Provavelmente não.
- Não.

18. Caso positivo, cite exemplos:

- 1.-----
- 2.-----
- 3-----
- 4-----
- 5-----

19. Você acredita que futuramente os combustíveis comuns (gasolina, álcool, diesel, gás) podem ser substituídos pelo Biodiesel?

- Sim.
- Provavelmente sim.
- Não sei.
- Provavelmente não.
- Não.

20. Você sabe qual é o combustível mais barato?

- Álcool ( )
- Gasolina ( )
- Gás natural ( )
- Óleo Diesel ( )
- Não sei ( )

## **ANEXOS**

## **Anexo I – Publicações geradas por este trabalho**

### **Artigos completos publicados em periódicos**

MIRANDA A.C; SILVA FILHO, C.S ; GHERARDT, F. ; VANALLE, R. M. ; SANTANA, J.C.C ; TAMBOURGI, E.B . Analysis of the costs and logistics of biodiesel production from used cooking oil in the metropolitan region of Campinas (Brazil). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*; v.88, p. 373-379, 2018.

SILVA FILHO, C.S ; MIRANDA, A. C. ; FARIAS, T. M. B ; CALARGE, F.A ; SOUZA, R. R. ; SANTANA, J.C.C ; TAMBOURGI, E.B . Environmental and techno-economic considerations on biodiesel production from waste frying oil in São Paulo city. *Journal of Cleaner Production*; v. 183, p. 1034-1043, 2018.

SILVA FILHO, C.S ; MIRANDA, A. C. ; CALARGE, F.A ; SOUZA, R. R. ; S SANTANA, J.C.C ; TAMBOURGI, E.B . Data on Kinetic, Energy and Emission Performance of Biodiesel from Waste Frying Oil. *Data in Brief*; v. 18, p. 1-5, 2018.

### **Capítulos de livros publicados**

MIRANDA, A. C.; SANTANA, J.C.C ; SILVA FILHO, C.S ; FARIAS FILHO, T. A. ; TAMBOURGI, E.B . Biodiesel produzido a partir do óleo de fritura utilizado em residências na cidade de são paulo: uma matriz energética e sustentável para o transporte público urbano. In: DARLY FERNANDO ANDRADE. (Org.). 2ed. BELO HORIZONTE: POISSON, 2017, v. 2, p. 75-82.

### **Trabalhos completos publicados em anais de congressos**

MIRANDA, A. C.; FARIAS FILHO, T. A. ; SILVA FILHO, C.S ; SANTANA, J.C.C ; TAMBOURGI, E.B . Viabilidade Técnica, Ambiental e Econômica da produção do Biodiesel

a partir do óleo de fritura usado na cidade de São Paulo. In: DÉCIMO SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS, 2017, RECIFE.

MIRANDA, A. C.; SANTANA, J.C.C ; SILVA FILHO, C.S ; FARIAS FILHO, T. A. ; TAMBOURGI, E.B . Substituição dos Combustíveis atuais pelo Biodiesel, uma medida de *Heath Care*: Proposta para redução das doenças causadas por emissões de material particulado na cidade de São Paulo. In: A Engenharia de Produção e as novas tecnologias produtivas: indústria 4.0, manufatura aditiva e outras abordagens avançadas de produção., JOINVILLE-SC., 2017.

MIRANDA, A. C.; SANTANA, J.C.C ; SILVA FILHO, C.S ; FARIAS FILHO, T. A. ; TAMBOURGI, E.B . Produção de biodiesel por óleos de frituras residuais comestíveis: revisão sistemática. in: XXIV SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2017, BAURU. CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO PARA UMA ECONOMIA DE BAIXO CARBONO, 2017.

MIRANDA, A. C.; GARDIM, R. B. ; KLEPA, R. B. ; SILVA FILHO, C.S ; SANTANA, J.C.C . Biodiesel obtido por óleos de frituras residuais: proposta para redução da emissão de SO<sub>2</sub> e redução de casos de internações por doenças respiratórias provenientes deste composto na cidade de São Paulo. In: XXIV SIMPOSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2017, BAURU. CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO PARA UMA ECONOMIA DE BAIXO CARBONO, 2017.

MIRANDA, A. C.; SILVA FILHO, C.S ; SANTANA, J. C. C ; FARIAS FILHO, T. A. . Biodiesel produzido a partir do óleo de fritura utilizado em residências na cidade de São Paulo: uma matriz energética e sustentável para o transporte público urbano (Congresso Nacional). In: ENEGEP XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, JOÃO PESSOA, 2016

SILVA FILHO, C.S ; FARIAS FILHO, T. A. ; FELICIO, H. ; MIRANDA, A. C. ; SANTANA, J.C.C . Eficiência energética de um gerador operando com biodiesel obtido a

partir do óleo usado em restaurantes. In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química – COBEQ, Fortaleza, 2016.

PRAZERES, K. C. ; MIRANDA, A. C. ; SILVA FILHO, C.S ; SANTANA, J. C. C . Matriz de risco da contaminação de efluente de esgoto contaminado por fármacos. In: CNEG - CONGRESSO NACIONAL DE EXCELENCIA E GESTÃO, RIO DE JANEIRO. XII CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO & III INOVARSE, 2016.