

Catlogação-na-publicação

Coelho, Augusto Bardivia

Análise de Autoprodução de Energia por um Shopping Center. Avaliação do Caso de Produção de Biodiesel a Partir de Óleo de Fritura, e Utilização como Combustível em Grupos Geradores de Energia. / A. B. Coelho, F. A. C. Coelho -- São Paulo, 2015.

93 p.

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

1.Biodiesel 2.Geração distribuída de energia 3.Óleo residual de fritura I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Hidráulica e Ambiental II.t. III.Coelho, Fernando Augusto C.

AUGUSTO BARDIVIA COELHO
FERNANDO AUGUSTO COELHO

Análise de Autoprodução de Energia por um Shopping Center.
Avaliação do Caso de Produção de Biodiesel a Partir de Óleo de
Fritura, e Utilização como Combustível em Grupos Geradores de
Energia.

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

Orientadora: Sônia Seger Mercedes

São Paulo

2015

Agradecimentos

Agradecemos à todos os professores, mestres, amigos, funcionários e colaboradores que fizeram parte da graduação na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Agradecemos também o apoio incondicional de nossas famílias, sem o qual nada disso seria possível, e para os quais este trabalho é oferecido. Em especial aos nossos pais, Vanderlei, Rita, Paulo e Dayphine.

Agradecemos à nossa orientadora, Professora Sônia Seger, pelo apoio na elaboração deste estudo.

.

RESUMO EXECUTIVO

Este estudo foi realizado para avaliar a substituição de diesel mineral por biodiesel, para ser utilizado na autoprodução de energia elétrica em um *shopping center*. Para isto, foi caracterizado o óleo vegetal residual, oriundo de processos de fritura, como um poluente significativo em centros urbanos, principalmente pelo seu uso comercial em restaurantes, bares e lanchonetes. Sendo o manejo deste resíduo sendo proposto pela transformação em biodiesel. Foram realizadas visitas técnicas para levantamento da quantidade média de óleo gerada nos restaurantes, obteve-se um valor de mais de 2500 litros de óleo residual de fritura por semana. A produção deste combustível também é analisada como uma possível fonte de geração de energia elétrica para autoprodução por parte do *shopping center*, pelo uso de grupos geradores. Foi feito ainda o dimensionamento da usina capaz de produzir o biodiesel, bem como a análise financeira da substituição.

Palavras-Chave: Óleo residual de fritura. Biodiesel. Geração distribuída de energia.

ABSTRACT

This essay intends to evaluate the substitution of mineral diesel into biodiesel, to be used in self-production of electricity, in a shopping mall. To achieve this, the waste cooking oil has been characterized as a significant pollutant in urban centers, mostly because of its commercial use in restaurants, bars and snack bars. The handle of this residue can be done by transforming it into biodiesel. Two visits had been made to evaluate the quantity of wasted oil generation in a shopping mall, and its result shows a significant value with more than 2500 liters generated each week. The production of this fuel can also be used for self-production of electricity, in power generators. To conclude, has been done the dimensioning of the station to produce biodiesel, and also the economic viability of the project.

Key words: Fried Wasted Oil. Biodiesel. Distributed Energy Generation.

SUMÁRIO

1	Introdução.....	13
1.1	Objetivo	Erro! Indicador não definido.
1.1.1	Objetivos Específicos	14
1.1.2	Justificativa	15
2	Metodologia	17
3	A Problemática do Óleo Residual de Fritura.....	19
3.1	Legislação sobre o tema no brasil.....	19
3.1.1	Do ponto de vista da gestão dos resíduos sólidos.....	19
3.2	Os impactos da disposição incorreta de óleos e gorduras vegetais e animais.....	22
3.2.1	Nas redes de esgoto.....	22
3.2.2	No solo	24
3.2.3	Na água	25
3.3	A indústria de alimentação fora de domicílio e a produção de óleo de cozinha residual	26
3.4	A problemática na cidade de São Paulo	27
4	O Aproveitamento Energético como Medida do Tratamento do Óleo Residual de Fritura.	30
4.1	Prólogo.....	30
4.2	Biocombustíveis – Biodiesel.....	30
4.3	Aspectos legais para fabricação de biocombustíveis - Licenciamento	33
4.4	Formas de obtenção do biodiesel	34
4.4.1	Transesterificação	35
4.4.2	A usina de processamento	37
4.4.3	Condicionamento da matéria-prima.....	37

4.4.4	A operação da usina.....	38
4.4.5	Tanque de decantação	39
4.4.5	Lavagem do biodiesel.....	40
4.4.6	Glicerol como subproduto.....	40
4.5	Panorama Nacional de Produção do Biodiesel	41
4.5.1	Matérias-primas na produção de biodiesel no Brasil	43
5	Geração de energia no Brasil	46
5.1	Consumo de Eletricidade no Brasil	47
5.2	preço da energia	47
5.3	A tarifa branca e o horário de Pico.....	49
5.4	Geração Distribuída de Energia	49
5.4.1	Sistema de compensação de energia elétrica (SCEE)	51
5.4.2	Desoneração de tributação.....	52
5.4.3	Mercado livre de energia	53
6	Levantamento de Dados.....	55
6.1	Objeto de Estudo	55
6.2	Caracterização da geração de óleo	55
6.2.1	Estabelecimentos geradores de ORF:.....	56
6.2.2	Estabelecimentos não geradores de ORF:.....	59
6.3	Características do Gerador elétrico do SC:.....	59
6.3.1	Levantamento de Informações Sobre Geradores.....	60
6.4	Preço de energia elétrica pago pelo shopping-center	61
7	Alternativas para solução do problema.....	64
7.1	Cenário 1 – Situação Atual.....	64
7.2	Cenário 2 – Implantação de Usina Semi-Industrial de Biodiesel.....	64
7.2.1	Especificações da usina	65
7.2.2	Layout da usina	66

7.2.3	Do processo produtivo	68
8	Análise Financeira da instalação da usina.....	70
8.1	Investimento	70
8.2	Custos Fixos e Variáveis Mensais	71
8.3	Custo de Produção de Biodiesel	73
8.4	Amortização de custos provenientes da comercialização de Glicerol.....	74
8.5	Análise de viabilidade	75
9	Conclusões	78
10	Referências bibliográficas.....	81
11	Apêndices	89
11.1	Apêndice 1 – Formulário de Pesquisa no Shopping Eldorado	89
11.2	Apêndice 2 - Formulário de Pesquisa no Shopping Eldorado.....	90
12	Anexos.....	91
12.1	Anexo 1.....	91
12.2	Anexo 2.....	92
12.3	Anexo 3.....	93

LISTA DE ABREVIATURAS

ABIOVE = Associação Brasileira das Indústrias de Óleo Vegetal

ABRADEE = Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica

ABRASCE = Associação Brasileira de Shopping Centers

ABRASEL = Associação Brasileira de Bares e Restaurantes

ABRELPE = Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública

ALSHOP = Associação Brasileira de Lojistas de Shopping

ANEEL = Agência Nacional de Energia Elétrica

BEN = Balanço Energético Nacional

CCEE = Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

CEFET/PR = Centro Federal de Educação Tecnológica - Paraná

CENBIO = Centro Nacional de Referência em Biomassa

CMMA = Conferência Municipal do Meio Ambiente

CONAMA = Conselho Nacional do Meio Ambiente

EMBRAPA = Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPE = Empresa de Pesquisa Energética

OMS = Organização Mundial da Saúde

ORF = Óleo Residual de Fritura

PES = Plano Estadual de Saneamento

PRSESP= Panorama dos Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo

PGIRS = Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PL = Projeto de Lei

PMSP = Prefeitura Município São Paulo

PNMA = Política Nacional do Meio Ambiente

PNRS = Política Nacional de Resíduos Sólidos

PNPB = Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel

R\$ = Reais (moeda)

RS = Resíduo Sólido

SC = Shopping Center

SABESP = Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SEBRAE = Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SNIS = Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

Tep = Tonelada Equivalente de Petróleo

m³ = Metros Cúbicos

kW = Quilowatt

kWh = Quilowatt hora

MW = Megawatt

MWh = Megawatt Hora

UFPR = Universidade Federal do Paraná

LISTA DE FIGURAS

Figura 2 - Fluxograma das interrelações dos assuntos estudados.	18
Figura 3.2.1-1 - Poço de visita obstruído.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 3.2.1-2 - Poço de visita limpo.	Erro! Indicador não definido.
Figura 3.2.1-3 - Caminhão e equipamento utilizado na desobstrução de redes coletoras.....	24
Figura 3.2.3 - Mancha de óleo com barreira de contenção.....	26
Figura 4.4.1-Reação de transesterificação.....	35
Figura 4.4.3 - Etapa de pré-tratamento do óleo vegetal residual.	38
Figura 4.4.4 - Fluxograma do processo de obtenção do biodiesel à partir do óleo residual de fritura.	39
Figura 4.5-1 - Evolução da produção de biodiesel no Brasil.	Erro! Indicador não definido.
Figura 4.5-2 - Distribuição espacial de Usinas de biodiesel..	43
Figura 5 - Distribuição da oferta interna de energia atual e para os próximos dez anos.....	47
Figura 5.2-1 Evolução da tarifa média do Setor Comercial, Serviços e Outros (Brasil).....	48
Figura 5.2-2 Evolução da tarifa média do Setor Comercial, Serviços e Outros (São Paulo).	48
Figura 5.3 - Gráfico comparativo entre a Tarifa Branca e a Tarifa Convencional.	Erro! Indicador não definido.
Figura 5.4.1 - Representação esquemática do sistema de compensação de energia elétrica.	52
Figura 5.4-3 - Representação esquemática do enquadramento de empreendimentos no mercado livre de energia.	53
Figura 6.2-1 - Participação de estabelecimentos geradores e não-geradores de ORF.....	56
Figura 6.2.1-1 - Caracterização dos estabelecimentos geradores.	Erro! Indicador não definido.
Figura 6.2.1-2 - Representatividade do volume de ORF gerado por intervalo de geração de litros de biodiesel semanal.	58

Figura 6.2.2-1 - Composição dos estabelecimentos não-geradores de ORF.....	59
Figura 6.4 - Preços praticados no mercado livre de energia.....	63
Figura 7.2.1 - Componentes da mini-usina de transesterificação.....	66
Figura 7.2.2 – Layout da Usina a Ser implantada.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.5.1 - Participação das diferentes matérias primas na produção de biodiesel no Brasil (m3).....	45
Tabela 5 - Geração de energia primária no Brasil - em toneladas equivalentes de petróleo.....	46
Tabela 5.1 - Consumo de energia elétrica por setor.....	47
Tabela 6.2.1-1 Informações gerais da geração de óleo no Shopping Eldorado dos restaurantes da praça de alimentação.	577
Tabela 6.2.1-2 Informações gerais da geração de óleo no Shopping Eldorado dos restaurantes com mesas em área interna.	57
Tabela 6.3.1-1 - Modelos de geradores da empresa Cummins Power Generation.....	60
Tabela 6.3.1-2 - Modelos de geradores da empresa Stemac.....	60
Tabela 6.4 Composição de consumo do Shopping Center Eldorado em 2014.....	62
Tabela 7.2.3-1 - Dados físico-químicos dos insumos produtivos.....	69
Tabela 8.1 - Capital Imobilizado.....	70
Tabela 8.2-1 - Custos fixos mensais.....	71
Tabela 8.2-2 - Custos variáveis mensais.....	72
Tabela 8.2-3 - Consumo de energia elétrica mensal por processo produtivo.....	73
Tabela 8.3 - Custo da energia elétrica a partir do biodiesel produzido.....	74
Tabela 8.4-1 – Produção e receita da venda do glicerol.....	75
Tabela 8.1-1 - Capital Imobilizado.....	71
Tabela 8.2-1 - Custos fixos mensais.....	72
Tabela 8.2-2 - Custos variáveis mensais.....	73
Tabela 8.2-3 - Consumo de energia elétrica mensal por processo produtivo.....	73
Tabela 8.2-3 - Custo da energia elétrica a partir do biodiesel produzido....	74
Tabela 8.4 - Produção e receita da venda mensal do glicerol.....	75
Tabela 8.5 – Panorama comparativo do preço de energia.....	76

1 Introdução

De acordo com dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF, 2008-2009) 40,2% dos brasileiros se alimentam mais fora do que dentro de seus domicílios. Comparados aos alimentos consumidos em casa, os alimentos consumidos fora do domicílio tem características menos saudáveis como, por exemplo, a maior densidade energética e maior quantidade de gordura, principalmente saturada (BEZERRA; SICHIERI, 2010)

O processo de fritura por imersão é de importância considerável para lanchonetes e restaurantes comerciais ou industriais (COSTA NETO et al., 2006). Para estes estabelecimentos, a Sabesp exige que seja instalada uma caixa retentora de gordura para que seja feita a ligação do estabelecimento com a rede de esgoto. Tal medida visa evitar o entupimento da rede coletora, o que gera gastos com manutenção. Além disso, outros impactos negativos do descarte irregular de óleo a contaminação do solo e de corpos hídricos. Uma vez que a água é contaminada pelo óleo, isto torna o processo de tratamento mais complexo e mais caro (BORTOLUZZI, 2011).

Como óleos minerais e vegetais são considerados como resíduos sólidos pela Lei 12305/10 da Política Nacional de Resíduos Sólidos, sua destinação está prevista nos programas e políticas desenvolvidos. Nela, é instituída responsabilidade compartilhada sobre o ciclo de vida do produto, sendo responsáveis os comerciantes e consumidores, dentre outros participantes do processo de produção. Já no artigo 36 da PNRS, é atribuído ao poder público o dever de propor e tornar viável políticas e procedimentos que visem reinserir os materiais que podem ser reciclados nos processos produtivos, juntamente com agentes econômicos.

Segundo a Associação Brasileira de Shopping Centers (ABRASCE, 2015) o número de Shopping Centers (SC) no Brasil é de 527, há na cidade de São Paulo há 54 destes estabelecimentos. Para SC Eldorado, localizado na cidade de São Paulo, valores de 2008 apontam visitação média de 800 mil visitantes por mês (STEINER, 2010). Em estudo publicado pela Associação Brasileira de Lojistas de Shopping (ALSHOP),   caracterizada como de 15%,

em média, a visitação a SC para alimentação. Caso seja adotado este número, apenas para o SC citado, seriam 120 mil refeições mensais. Sendo o processo de fritura amplamente utilizado em restaurantes (COSTA NETO et al. 2006), pode-se chegar a gerar um volume significativo de óleo, projetando tais valores para todo país e considerando geração anual deste tipo de resíduo.

O óleo residual produzido em *shoppings centers* (SC) hoje representa um custo para os restaurantes e demais estabelecimentos que comercializam alimentos que tiveram sua presença no preparo, uma vez que empresas são contratadas para fazer a destinação e reaproveitamento deste óleo, podendo ser citadas a produção de sabão e biodiesel a partir deste resíduo. A produção de biodiesel é um processo dominado e possui flexibilidade de escala (PARENTE, 2003).

A produção de biodiesel a partir do óleo vegetal residual de fritura (ORF), pode resultar em economia no manejo deste resíduo, e também nos custos energéticos, uma vez que há possibilidade de seu uso para autoprodução de energia. A energia assim gerada, pode em alguns casos, contribuir para a segurança de abastecimento e pode ser beneficiada pela resolução 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que dispõe sobre a geração distribuída de energia.

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho é analisar a substituição do diesel mineral pelo biodiesel, produzido a partir da reciclagem do Óleo Residual de Fritura (ORF), para aproveitamento na geração de energia elétrica do SC Eldorado.

1.1.1 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, serão desenvolvidos os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar o atual atendimento das necessidades de energia elétrica do SC Eldorado em termos de demandas total e custos.
- Identificar e caracterizar a autoprodução de energia no SC Eldorado quanto à capacidade instalada (demanda atendida) e tecnologia empregada (combustível utilizado e quantidade).

- Diagnosticar o atual manejo do ORF em termos de quantidades produzidas e práticas de acondicionamento, tratamento e destinação.
- Selecionar e caracterizar a tecnologia proposta para a produção de biodiesel quanto às especificações de produção e custos

1.1.2 Justificativa

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), de 2010, dá diretrizes sobre a política ambiental no âmbito da gestão dos resíduos sólidos (RS), atribuindo, por exemplo, responsabilidades pelo manejo deste tipo de resíduo. São também exemplos de medidas do poder público em mitigar o impacto causado pelo mau gerenciamento destes resíduos, o desenvolvimento do Panorama dos Resíduos Sólidos no Estado de São Paulo (PRSESP) e o Programa de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo (PGIRS).

Dentro do panorama dos resíduos sólidos, estão em tramitação nas câmaras municipais do Rio de Janeiro e de São Paulo, os Projetos de Lei (PL) de nº172/2013 e 185/2015 respectivamente, que versam sobre a proibição do descarte irregular de óleo de cozinha nas redes coletoras de água e esgoto, principalmente em virtude do grande número de obstruções e entupimentos de redes coletoras de esgoto (PROL, 2007).

O óleo vegetal residual, resultantes de processos de fritura por imersão utilizados em restaurantes e lanchonetes, são resíduos sólidos que deverão ser devidamente coletados, acondicionados, tratados e destinados, sendo uma das possibilidades para sua destinação a reciclagem. Processos conhecidos e amplamente estudados possibilitam a produção de sabão e até mesmo de biodiesel a partir deste tipo de resíduo.

De acordo com a resolução normativa 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), foi estabelecida a possibilidade de geração distribuída de energia por meio de micro e mini geração, a partir de fontes renováveis de energia (hidráulica, solar, eólica, biomassa e cogeração qualificada). Caso haja excedente de produção de energia o gerador pode injetar na rede de distribuição e obter créditos de energia, em quilowatts hora (kWh) (RESOLUÇÃO NORMATIVA 482, 2012, ANEEL).

Desta forma, pode-se explorar a possibilidade de produção de biodiesel a partir do ORF, visando o manejo de resíduos e caso seja utilizado para autoprodução de energia elétrica, pode gerar economia e maior independência em relação à rede elétrica. Devido a existência do horário de pico, quando, em modalidades específicas, é cobrada uma tarifa mais alta. Em São Paulo tal horário é atualmente determinado pela AES Eletropaulo, definido entre as 17 horas e 30 minutos e as 20 horas e 30 minutos, totalizando 3 horas, nos dias úteis e feriados, com exceção dada aos sábados e domingos. Por isso, dependendo do enquadramento tarifário, a economia de recursos financeiros também pode ocorrer.

Pelos motivos expostos, sobretudo pela contribuição à eficiência energética e à mitigação das precárias condições sanitárias ainda vigentes no país, mesmo em megalópoles, como São Paulo, considera-se relevante estudar o emprego do óleo residual de fritura para a geração de energia e seus parâmetros.

2 Metodologia

Primeiramente foi feita revisão da literatura sobre o tema de geração e reciclagem de ORF, com enfoque na produção de biodiesel. Em concomitância, foi também realizada uma revisão das políticas e aspectos legais de produção de biodiesel e da gestão de resíduos sólidos.

Depois, foi elaborada uma contextualização sobre a problemática do óleo usado de cozinha, abordando as temáticas dos impactos de sua disposição irregular e do uso de óleo em processos de fritura, relacionado com a alimentação fora de casa. Foi então realizado um levantamento sobre a relevância de geração de ORF por parte de SC.

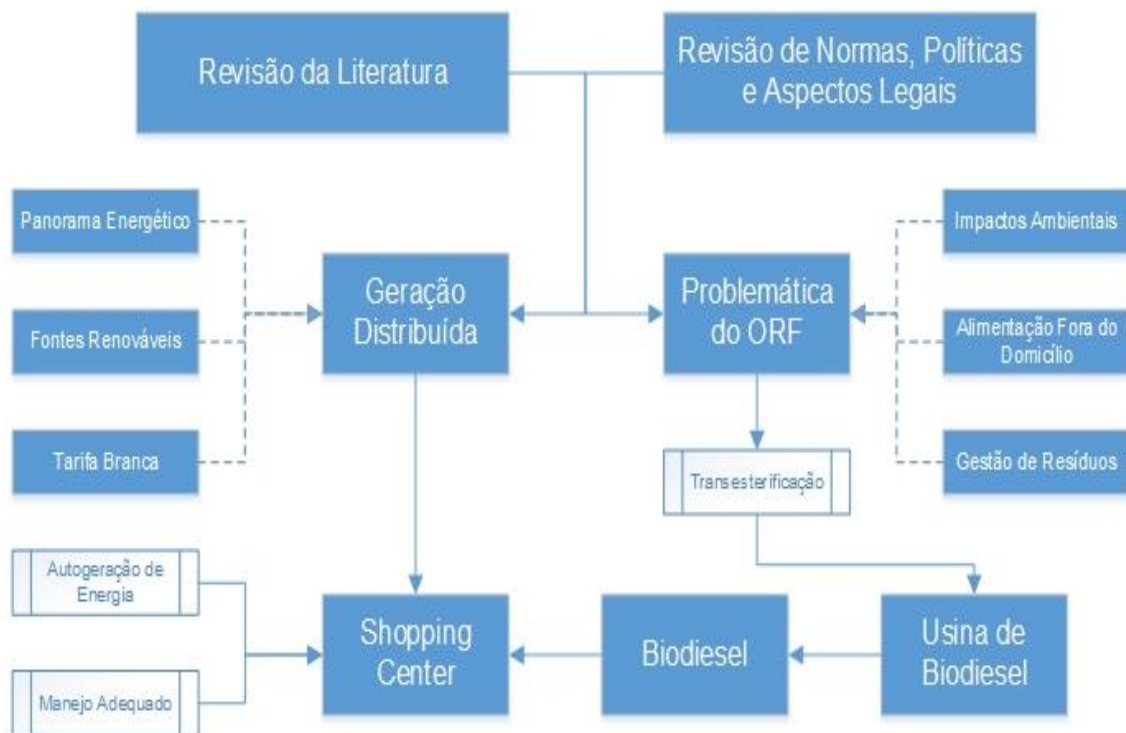
Em seguida foi realizada uma caracterização do panorama energético nacional, abordando as temáticas de geração distribuída de energia e de utilização de fonte renováveis de energia, com ênfase para a compensação energética.

Após isto, foi realizada uma pesquisa no SC Eldorado para coleta de dados relativos à geração de óleo de cozinha nos seus estabelecimentos alimentícios. Tal pesquisa teve o propósito de se estimar um volume de geração de ORF em um determinado intervalo de tempo. Os dados não obtidos foram estimados segundo análises deste estudo.

De posse das essas informações, foi definida uma usina a ser instalada no SC para a produção de biodiesel a ser utilizado para produção de energia elétrica. As especificidades da usina, como operação, capacidade e dimensionamento estão incluídas no trabalho. A capacidade será estimada utilizando-se o racional de 25 dias por mês visando eventuais interrupções para manutenções.

Para concluir, foi feito um estudo sobre a viabilidade econômica da produção de biodiesel a partir do ORF, sendo levados em conta todos os custos de produção do combustível e de implantação e operação da usina, assim como os custos praticados no mercado livre de energia, na categoria de consumidores especiais, onde se enquadra o SC analisado.

Figura 2 - Fluxograma das interrelações dos assuntos estudados.



Fonte: Autores

3 A Problemática do Óleo Residual de Fritura

3.1 Legislação sobre o tema no brasil

3.1.1 Do ponto de vista da gestão dos resíduos sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) dispõe sobre a diretrizes relativas “à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.” (BRASIL, 2010). Ela é parte integrante da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), a qual é complementada por normas, resoluções e portarias que têm suas origens no Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). No uso de suas atribuições previstas na Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, o CONAMA resolve que será definido resíduo sólido segundo a norma NBR nº 10.004 da ABNT de 2004:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (CONAMA, 1993).

A PNRS está alicerçada em diferentes vertentes que vão das áreas sociais até tecnológicas passando por pilares econômicos. Ela versa principalmente sobre o fechamento dos lixões (que em seu texto original obrigava os municípios a cumprirem esta ação até o ano de 2014), diminuição do volume de material a ser enviado para os aterros sanitários com o incentivo de práticas de educação ambiental, coleta seletiva e reciclagem além de transferir para os Estados e Municípios o cumprimento de ações específicas. Um dado que chama atenção é o fato de que, além do grande volume gerado diariamente e do baixíssimo

percentual reciclado, o Ministério do Meio Ambiente estima que 59% dos municípios dispõem seus resíduos de maneira precária ou inadequada (IBGE, 2008)

Uma importante atribuição da PNRS é a delegação de responsabilidades aos Estados e Municípios. Uma tarefa intrínseca ao Estado e que não se confunde com atribuições dos municípios é a responsabilidade de proposição de arranjos intermunicipais além de identificar áreas comuns e órfãs presentes em seu território. O Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) assim como o Plano de Gestão Integrada de Resíduos (PGIR) tem vigência de 20 anos tendo de ser revisto a cada quatro anos.

Uma meta do PERS é a criação e formulação, ao longo do tempo, de um banco de dados com informações socioeconômicas, físico-territoriais e ambientais a respeito do Estado embasando os municípios na elaboração de seus Planos de Gestão Integradas de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010).

Para além da esfera executiva, a Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo (ALESP) por meio da Lei 12.047/2005 instituiu a criação do Programa Estadual de Reciclagem de Óleos e Gorduras de Origem Vegetal ou animal e Uso Culinário, que tem sua motivação nos “efeitos prejudiciais do descarte incorreto de óleos e gorduras de origem vegetal ou animal.”. Em 2014, o Projeto de Lei nº154 decreta:

Os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de óleos e gorduras de origem vegetal ou animal ficam obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos referidos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos.

Além disto, há também a elaboração do Panorama dos Resíduos Sólidos no Estado de São Paulo, por parte do Governo do Estado, para caracterizar e diagnosticar a situação de geração e gestão dos resíduos sólidos no Estado de São Paulo como um todo, visando atender as diretrizes da PNRS, onde há exigência de arranjo intermunicipal. Houve inclusive participação social, por meio de audiências públicas, para adequar propostas.

Segundo a Pesquisa de Informações Básicas Municipais, dos 5570 municípios do território nacional, apenas 1865 deles possuem o PGIR, o que representa algo em torno de um terço (IBGE, 2014). A Lei 12.305/2010 versa sobre o conteúdo mínimo que este instrumento da PNRS deve conter. Este é um documento de caráter relevante para o orçamento dos municípios. As verbas adotadas por estes como recurso fornecido pela União, no que tange ao repasse destinado ao manejo de resíduos sólidos, estão atrelados diretamente à elaboração e revisão deste plano desde 2014 (BRASIL, 2007). Entretanto, mesmo com uma contrapartida positiva por parte do Governo Federal, o prazo de entrega deste documento para as instâncias superiores não foi cumprido por mais da metade dos municípios do país como informa o IBGE.

O PGIRS tem caráter prático uma vez que define metas e objetivos específicos, sendo o cumprimento destas metas de responsabilidade individual ou compartilhada com outros atores. A cidade de São Paulo, através de seu Plano de Gestão Integrada de Resíduos da Cidade de São Paulo (PGRISP) ilustra bem o sentido prático do PGIRS quando da construção de centrais de triagem de resíduos sólidos, estrutura fundamental para incentivo e promoção da reciclagem. Outras ações em que constam no PGIRS do município de São Paulo e que segue em consonância com a PNRS é a promoção da responsabilidade compartilhada, através das diretrizes de regulação da obrigatoriedade de instalação de pontos de captação de eletroeletrônicos por parte dos estabelecimentos, com área superior à 300m², que comercializem este tipo de produto (PMSP, 2014).

Deve-se citar, no entanto, que apesar de o plano conter diretrizes para o manejo diferenciado de diversos tipos de resíduos sólidos com logística reversa aplicável, como lâmpadas fluorescentes, pneus inservíveis, óleos lubrificantes e suas embalagens, o óleo vegetal residual não está incluído. Além disso, o descarte de ORF na rede coletora e águas do município não era proibido até 04 de fevereiro de 2015, quando foi aprovado na Câmara Municipal de São Paulo o Projeto de Lei (PL) 185/2011 que proíbe o descarte deste resíduo. Em sua ementa se encontra: “Estabelece a proibição do descarte de óleos e gorduras animais ou vegetais na rede coletora de esgoto e águas pluviais no município de São Paulo”.

3.2 Os impactos da disposição incorreta de óleos e gorduras vegetais e animais

3.2.1 Nas redes de esgoto

Fica evidente que o descarte de óleos e gorduras, juntamente com o descarte de graxas, é um potencial agente de obstruções de redes coletoras de esgoto (PIVELI, 2005). Alguns projetos tentam viabilizar a reciclagem de óleo em detrimento do descarte irregular, em bairros ou zonas de estudo, e comparar o número de desobstruções da rede coletora antes e depois da iniciativa (Figura 3.2.1-1 e Figura 3.2.1-2).

Foram constatadas reduções no número de desobstruções necessárias em uma região central da cidade de São Paulo, onde foi feita coleta de óleo de fritura pelo intitulado Programa de Reciclagem de Óleos de Fritura da Sabesp. O programa foi realizado em parceria com a ONG Trevo e com a Sociedade de Amigos do Bairro de Cerqueira Cesar. Ao final do primeiro ano de implementação, foram constatadas reduções de 26% no número de desobstruções na região analisada.

Figura 3.2.1-1 Poço de visita obstruído.



Fonte: PROL, 2007

Figura 3.2.1-2 Poço de visita limpo.



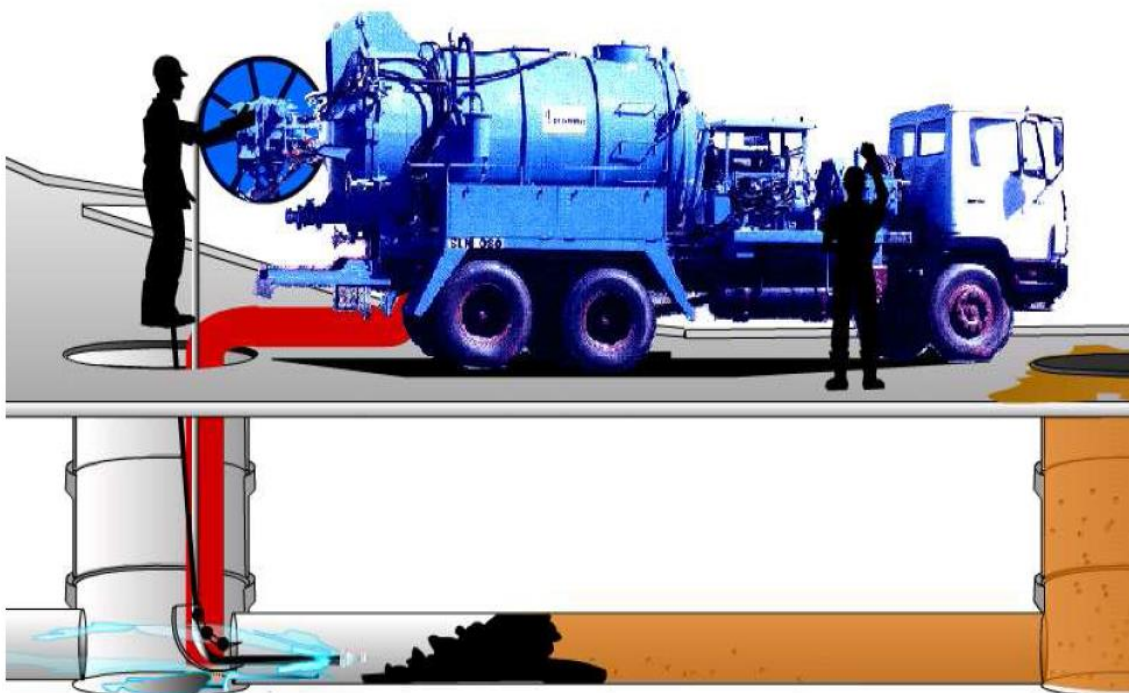
Fonte: PROL, 2007

Ainda de acordo com a Sabesp (PROL, 2007) as obstruções são causadas em decorrência do efeito do óleo atuando como aglutinante de outros resíduos despejados nas redes coletoras de esgoto. Devido aos resíduos sólidos aglutinados pode ocorrer obstrução ou entupimento das redes coletoras, além de refluxo de esgoto (BORTOLUZZI, 2011).

Em um estudo realizado em uma cidade do interior do Estado de São Paulo que não foi divulgada. O descarte de gordura foi a mais recorrente entre as causas de obstrução da rede coletora de esgoto (Figura 3.2.1-3), ficando à frente de outras como cabelos, panos, raízes de árvores e a presença de cotovelos que facilitam a deposição de sedimentos e objetos. O número de entupimentos devido à gordura aumentou em julho, o que segundo o autor pode ser uma influência da menor temperatura contribuindo para o endurecimento da gordura (SCALIZE; LEITE; SOUZA, 2010).

A Sabesp exige a ligação de uma caixa retentora de gordura para que seja ativada a instalação da rede coletora de esgoto em bares, lanchonetes, restaurantes e afins.

Figura 3.2.1-3 Caminhão e equipamento utilizado na desobstrução de redes coletoras.



Fonte: PROL, 2007

3.2.2 No solo

Quando descartado no solo, o óleo age como impermeabilizante, dificultando o transporte de água e consequentemente de nutrientes. Tal fato pode contribuir, por exemplo, para o aumento do escoamento superficial e o consequente acúmulo de água e possível formação de enchentes, uma vez que a capacidade de assimilação das águas no solo é comprometida (SALLES, 2010).

Além disso, quando presentes no solo, óleos e graxas podem impactar a vegetação, e indiretamente o solo. Quando em contato com plantas, óleos e graxas podem causar a vedação dos estômatos, responsáveis pela captura de gás carbônico para realização da fotossíntese. Além disso, o óleo pode causar a impermeabilização de raízes no solo, afetando a absorção de sais e nutrientes (SALLES, 2010).

Segundo Boscov (2008), quando contaminado, o solo é o principal responsável pela poluição de águas superficiais e subsuperficiais, deteriorando sua qualidade em aspectos particulares, dependendo do poluente envolvido.

Apesar de não apresentar consequências imediatas na maioria dos casos, em longo prazo pode apresentar efeitos prejudiciais e difíceis de serem removidos.

3.2.3 Na água

A disposição de óleos virgens e residuais em corpos hídricos acarreta problemas, dentre os quais se podem citar o prejuízo estético, a diminuição da área de contato entre a água e o ar. Tal fato contribui para o aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), o que pode acarretar danos ao meio aquático e à qualidade da água (DABDOUB, 2006).

Quando disposto na água, o óleo tende a se aglutinar na superfície, formando manchas na parte superior dos corpos hídricos. Estas manchas diminuem a taxa de infiltração de luminosidade, diminuindo consequentemente a zona fótica, bem como a difusão de oxigênio na água. Tais fatos afetam a base da cadeia alimentar aquática, podendo causar desequilíbrio, uma vez que a base desta cadeia é o fitoplâncton e este necessita de incidência de luz para realizar fotossíntese e manter o equilíbrio biótico (BORTOLUZZI, 2011; SALLES 2010).

Segundo Piveli (2005), além dos danos ligados a deposição de óleos e graxas na superfície de corpos hídricos (Figura 3.2.3, CETESB, 2007), há ainda o impacto pelo acúmulo em geral em margens de rios e em praias, acarretando prejuízo não só estético, mas também ecológico. O óleo é caracterizado como contaminante, apesar de não apresentar toxicidade, ele polui cursos d'água (SALLES, 2010).

Figura 3.2.3—Mancha de óleo com barreira de contenção.



Fonte: CETESB, 2007

3.3 A indústria de alimentação fora de domicílio e a produção de óleo de cozinha residual

O tempo que a população utiliza para alimentação em grandes centros urbanos compete com o tempo utilizado para outras atividades, como o lazer, trabalho e deslocamentos. Isto fez com que a busca por alimentos prontos ou semiprontos em mercados e hipermercados aumentasse, para que se economizasse tempo no seu preparo dentro de casa (LEAL, 2010).

O pouco tempo livre faz então com que a busca por refeições fora de casa se pautasse pela disponibilidade e pela prontidão de atendimento para realizá-la, algumas vezes em detrimento da qualidade ou do preço do alimento (GARCIA, 1997).

“Não se podia manter o mesmo ritmo de épocas passadas, em que comer e cozinhar eram quase um ritual. Desta maneira, foi introduzido outro ritmo aos costumes cisterneiros, tornando-se fator propício para o surgimento e consolidação do sistema fast-food” (ALVES, 2006).

Podem-se citar os restaurantes de *fast-food* como um exemplo de estabelecimentos que surgiram para atender essa necessidade. Contemplando não apenas o público que anseia realizar uma refeição como uma atividade de prazer, mas também aquele que devido à rotina de trabalho, tem que realizar refeições fora do domicílio próximo ao local de serviço (COLLAÇO, 2004).

Esses estabelecimentos se caracterizam pela “capacidade de padronização de suas atividades estruturais e à consequente homogeneização dos gostos” montando refeições compostas de alimentos pré-preparados (ORTIGOZA, 1997). Este comportamento é previsível e intrínseco à sua natureza, já que o lucro está associado à venda e esta, por sua vez, diretamente ligada à capacidade produtiva. Portanto, dentro dessa lógica, há sempre a busca pelo menor tempo gasto na cadeia produtiva.

O processo de fritura por imersão em óleo vegetal apresenta exatamente a vantagem de um menor tempo de preparo quando comparado com outras formas de transferência de calor: cozimento pela água e pelo ar em fornos. Isso se deve ao fato de as temperaturas alcançadas pelo óleo serem mais elevadas que pela água em ebulição. Além disso, Almeida et al. (2006) afirma que o processo de fritura é capaz de conferir ao produto “características agradáveis de cor, sabor e textura” aos alimentos.

3.4 A problemática na cidade de São Paulo

A logística reversa de determinados produtos é uma premissa constante na PNRS e tem sua implementação como responsabilidade compartilhada dos municípios. O único momento em que o óleo de fritura é citado no PGIRS do município de São Paulo é quando da “inclusão do óleo comestível no sistema de coleta seletiva” nas diretrizes e metas da IV Conferência Municipal do Meio Ambiente, realizada no segundo semestre de 2013 (IV CMMA, 2013). A escassa oferta de serviços de coleta por parte do poder público, somada à inexistência de dispositivos de fiscalização da disposição inadequada e a falta de conhecimento da população sobre os efeitos contaminantes que este resíduo apresenta para o meio ambiente contribuem significativamente para o baixo percentual de coleta deste material com relação aos valores consumidos.

O município de São Paulo apresenta 83 ecopontos, que se caracterizam pela entrega voluntária de resíduos pela população (PMSP, 2015). Nestes locais poderiam ser instalados também coletores de ORF que juntamente com programas de conscientização que promoveriam um avanço nos percentuais de coleta no território. Além dos ecopontos, a PMSP informa em seu portal na internet a parceria com 10 cooperativas de triagem que coletam este tipo de material, número ainda pouco expressivo, face os valores gerados diariamente na cidade.

A geração de ORF em residências apresenta valores muito baixos quando comparados a restaurantes e outros estabelecimentos comerciais, além do agravante desta acontecer de forma espacialmente pulverizada. Portanto, focar a coleta em restaurantes e principalmente em regiões ou bairros que concentrem este tipo de serviços torna o esforço logístico mais atrativo, além do fato de diminuir o dispêndio de energia proveniente de combustível fóssil por litro de óleo residual coletado. Em outras palavras, coletar, armazenar e transformar o óleo vegetal residual em biodiesel em um mesmo local é uma proposição que pode ser interessante para este tipo de resíduo.

De acordo com Blumberg (2004) alguns aspectos são fundamentais para a eficiência de retorno do produto ao mercado, tais como a rápida operação para o seu reaproveitamento, existência de mercado para sua comercialização além de disposições legais e ambientais. Já Rogers e Tibben-Lembke (1999), corroboram o afirmado anteriormente e o apresentado por Blumberg ao afirmarem que aspectos como a compactação dos ciclos reversos, diminuindo o número de estágios e locais pelos quais o resíduo passa devido a criação de centros de retorno, construindo o que se chama de “pontos de entrada na cadeia reversa” é fator fundamental para eficiência e existência da logística reversa.

A cidade de São Paulo vista como centro de serviços, possui segundo dados da SPTuris (2014) 53 SC, 35 mil bares e restaurantes além de mais de 2000 opções de comida *delivery* como consta do site da Associação Brasileira de Bares e Restaurantes (ABRASEL), apresenta enorme potencial de geração de óleo residual, o qual transformado em biodiesel poderia ser utilizado de como

na geração de energia elétrica. A Prefeitura Municipal de Curitiba realizou testes preliminares com biodiesel de óleo usado em frituras e nas palavras dos autores, os professores Luiz Pereira Ramos (UFPR) e Pedro Ramos da Costa Neto (CEFET/PR), “apresentaram resultados bastante promissores”. Essa mudança de paradigma, além de benefícios ambientais representa impactos significativos no orçamento municipal, quando um montante que antes era um custo no orçamento como no caso da aquisição de combustível para a frota de ônibus, pode agora ser contabilizado como receita oriunda da venda de energia elétrica.

4 O Aproveitamento Energético como Medida do Tratamento do Óleo Residual de Fritura.

4.1 Prólogo

Dados do Banco Mundial referentes ao ano de 1971 informam que cada brasileiro consumiu 708,81 quilogramas de equivalente de petróleo. Já em 2011, essa mesma fonte apresenta 1371,15 quilogramas per capita no ano. Num período de 40 anos, o consumo de energia por habitante quase dobrou. A dependência de uma fonte não renovável de energia como o petróleo que já mostrou quão instável seu preço pode ser quando de suas crises ou conflitos geopolíticos, os custos ambientais associados ao seu uso e a distribuição irregular deste recurso na Terra são fatores que contribuem para a reflexão da situação atual.

Os biocombustíveis, como o etanol, o biodiesel e o biogás são derivados de fontes renováveis derivados de matéria-prima biológica. O Brasil está hoje entre os maiores produtores mundiais de etanol, segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento posição ocupada, entre outros, devido ao esforço no Programa Nacional do Álcool (Proálcool), criado em 14 de novembro de 1975 para promover a substituição de fontes fósseis por renováveis e reduzir a dependência do petróleo, bem como o desequilíbrio da balança comercial devido à elevação de seus preços durante os embargos (MAPA, 2014).

4.2 Biocombustíveis – Biodiesel

O biodiesel é um combustível que tem como matéria-prima os óleos vegetais e por essa razão é considerado uma fonte renovável de energia. A utilização imediata dos óleos vegetais sem tratamento químico prévio já fora proposta por Rudolph Diesel, no começo do século XX, numa das edições da reconhecida Exposição Universal (MEC, 2006). Inicialmente, pretendia-se a utilização imediata dos óleos vegetais, mas dada sua composição química com

moléculas de cadeia extensa, a combustão deste tipo de óleo não acontecia de maneira satisfatória. É notório o fato, de que desde o início das atividades envolvendo óleo vegetal, o petróleo já causava dificuldades nos avanços desta forma de combustível, dada sua abundância de oferta.

A necessidade de ter óleos vegetais com características mais adequadas aos motores de combustão, como viscosidade, despertou pesquisas na área que culminaram com a descoberta do processo de transesterificação. Nesse processo, a molécula de óleo vegetal é quebrada e parcela significativa de subproduto é retirada tornando o combustível obtido um óleo menos viscoso. Este processo de produção, foi patenteado pelo cientista belga G. Chavanne, em 1937 (KNOTHE, 2001).

Na Europa a matéria-prima comumente utilizada era o óleo de amendoim e o óleo de palma, recurso este extraído dos países colonizados. Eventos mundiais, como as Grandes Guerras e as Crises do Petróleo sempre estiveram intimamente ligados com o maior ou menor incentivo das pesquisas e produção do biodiesel, já que sua utilização em motores que usam produtos derivados de petróleo como o diesel mineral variou de acordo com o preço desta fonte não renovável no mercado internacional (KNOTHE, 2001). Hoje, o biodiesel apresenta grande difusão no continente Europeu, devido à políticas de desoneração tributária, e incentivo à práticas que objetivam a melhoria das condições ambientais. A Alemanha foi um dos países precursores na produção em larga escala, e atualmente um dos maiores produtores e consumidores.

Enquanto na Europa se caminhava na direção de incorporar o biodiesel em sua matriz energética, o Brasil tinha como política energética e desenvolvimentista o Programa Próalcool, criado em 1975, cujo objetivo era produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, para substituição da gasolina nos veículos leves. O programa assim como o biodiesel no panorama europeu, teve seu desempenho também vinculado às crises do petróleo. No entanto, dadas as características do sistema de logística e transporte de cargas no Brasil, o etanol não contemplava as necessidades dos veículos de grandes motores (ciclo diesel). Já em 1988, se apontava para a necessidade de consolidação de uma indústria própria de combustíveis derivados de óleos vegetais, este sim,

um potencial substituto do diesel mineral e capaz, desta maneira, de contribuir para a independência energética do Brasil (GOLDEMBERG, 1988).

Parente (2003) relata que, já em 1970, o Brasil apresentava um programa de pesquisas de produção de combustíveis com óleos vegetais intitulado DENDIESEL, através do Instituto Nacional de Tecnologia (INT). Em 1983, novamente pressionado pelo preço do petróleo, a Junta Militar que governava o Brasil, em iniciativa conjunta com o setor automotivo, as indústrias de óleo vegetal e institutos de pesquisas implementou o projeto Óleos Vegetais (OVEG) que constata a viabilidade técnica da utilização do biodiesel como combustível (PETROBRAS, 2007).

Do ponto de vista comercial, o biodiesel enfrentou problemas de escala e garantia de oferta, pois para ter competitividade frente ao diesel mineral, sua cadeia de produção carece de uma estrutura de produção e distribuição em larga escala. Tentando atender esta necessidade de longo prazo, a partir de 2002 surgem iniciativas governamentais, através do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), reunindo esforços do governo, da academia e dos setores industriais interessados. Em decorrência da movimentação em torno do tema, foi criado o Programa Brasileiro de Biocombustíveis que tinha entre suas diretrizes “expandir o mercado das oleaginosas e reduzir a emissão de gases poluentes, visando atender as regras do Protocolo de Kyoto, do qual o Brasil é signatário” (MMA, 2006).

O Probi biodiesel, é um programa do Governo Federal, criado em 2002, com os objetivos de reduzir a dependência do petróleo, expandir o mercado das oleaginosas, impulsionar a demanda por combustíveis alternativos e consequentemente diminuir a emissão de gases (MMA, 2006). O programa sofreu reformulações estruturais passando a ser nomeado de Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). Essa mudança teve caráter técnico e de política pública, uma vez que visava através da produção e diversificação das oleaginosas como fonte de matéria-prima, incluir a agricultura familiar e ampliar a capacidade de geração de emprego e renda.

Em dezembro de 2003 foi decretado a forma de implantação do PNPB segundo suas diretrizes e em janeiro de 2005, sob a Lei 11.097 foi introduzido o

biodiesel na matriz energética brasileira. A partir das diretrizes contidas no PNPB e dos dispositivos legais incluídos na lei de 2005 foi possível a perseguição de metas de inclusão de determinadas porcentagens de biodiesel ao diesel mineral a ser comercializado em todo o território nacional. Entre 2005 e 2007 era autorizada a inclusão de 2% de biodiesel ao diesel mineral, ao passo que entre 2008 e 2012 esse percentual passa a ser obrigatório, constituindo assim o B2 (o número que procede a letra B remete ao percentual de biodiesel adicionado à mistura). Em 2013, o percentual de mistura passa a ser de 5%, constituindo dessa forma o B5. Em meados de 2014 foi sancionada a lei que aumenta para 6% a participação do biodiesel. Em primeiro de novembro de 2014 passou a valer obrigatoriamente o B7(MME, 2015).

4.3 Aspectos legais para fabricação de biocombustíveis - Licenciamento

Segundo a Resolução 237, de 1997, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), atividade de produção de biodiesel se enquadra na área de Indústria Química (fabricação de combustíveis não derivados de petróleo).

Ainda de acordo com a Resolução CONAMA 237 de 1997, o licenciamento ambiental se dá em por três fases, ordenadas cronologicamente:

Licença Prévia
Licença de Instalação
Licença de Operação

E ainda, define que os Órgãos Estaduais de Meio Ambiente definam os critérios para análise de quais atividades são passíveis de necessitar o licenciamento.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) é o órgão responsável pela emissão de licenças para atividades de produção de combustíveis no Estado de São Paulo. Há uma seção exclusiva para licenciamento de fabricação de biocombustíveis, a qual será abordada neste capítulo (CETESB, 2015).

Para obtenção das Licenças Prévia e de Instalação, há uma documentação necessária que deve ser entregue à CETESB, bem como o pagamento de uma taxa específica para cada uma das licenças. De acordo com a CETESB, deve-se publicar solicitação da licença, e em seguida entregar a solicitação a CETESB. Após isto, basta retirar o protocolo e aguardar o contato da agência. Caso a decisão seja favorável, o solicitante deve publicar o modelo para publicação mais adequado. Por fim deve-se entregar a publicação e aguardar a licença assinada digitalmente. (CETESB, 2015)

Para solicitar a licença de operação, os procedimentos são parecidos, com a diferença que deve ser entregue a certidão de adimplência a legislação de uso, conservação e preservação do solo agrícola no Estado de São Paulo, após o pagamento da licença. Outra diferença é a ausência de necessidade de entrega de documentação, sendo necessária apenas a solicitação da licença (CETESB, 2015).

De acordo com os fabricantes consultados, o processo licitatório não envolve requisição de licenças diferentes às citadas nesta sessão, quando a produção diária é menor que 3000 litros de biodiesel. Desta maneira, com os valores a presentes, não se faz necessária nenhuma adoção diferente à explicitada pela Cetesb, na sessão de produção de biocombustíveis (com exceção ao álcool).

4.4 Formas de obtenção do biodiesel

A produção de biodiesel pode ser realizada por variados processos, como o craqueamento térmico, a hidroesterificação e os diferentes meios de transesterificações, os quais apresentam distinções mais relevantes do ponto de vista reacional do que do produto obtido.

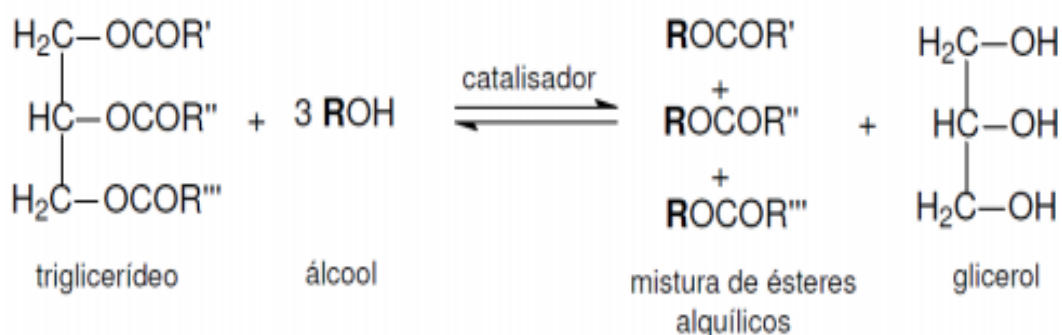
O craqueamento térmico, como seu próprio nome supõe, é a conversão de uma substância em outra por meio do uso de calor sob outras condições específicas de concentração de oxigênio e pressão. No caso da produção de biodiesel, o calor quebraria a molécula de gordura em compostos de cadeias menores gerando a mistura de ésteres que caracteriza o combustível.

Entretanto, o processo mais difundido de produção do biodiesel é a transesterificação. Ele envolve o uso de reagentes químicos, e por essa razão a atenção dada a matéria prima, como tratamento para regulação das características físico-químicas, no que diz respeito à preparação do processo industrial é de suma importância no alcance da máxima taxa de conversão (PARENTE, 2003). A transesterificação pode ser enzimática, supercrítica e catalisada por ácidos e bases homogêneos, sendo este último, o processo mais comum de produção de biodiesel.

4.4.1 Transesterificação

A transesterificação (Figura 4.4.1) é uma reação orgânica onde um óleo ou gordura vegetal reage com um álcool para formar ésteres e glicerol. A proporção molar da reação é de três moles de álcool para 1 mol de triglicerídeo, no entanto em processos industriais devido à reversibilidade da reação, é utilizado álcool em excesso para que seja assegurado um melhor rendimento da reação (SUAREZ et al., 2007). Uma vez que este processo é considerado reversível, o que acontece na prática é a transformação de um éster em outro, fenômeno que ocorre na presença de um catalisador ácido ou básico (ZAGONEL, 2000; CANAKCI, VAN GERPEN, 1999; HANNA et al., 1996).

Figura 4.4.1 - Reação de transesterificação.



Fonte: Ma & Hanna, 1999

A utilização de catalisadores alcalinos como hidróxido de sódio (NaOH) e hidróxido de potássio (KOH) tende a ser a mais utilizada comercialmente pois permite atingir velocidades maiores que aquelas apresentadas pelo uso de catalisadores ácidos (MA e HANNA, 1999; VICENTE et al., 2004). No entanto,

devido a reações intermediárias, estes podem favorecer uma reação de saponificação com consumo do próprio catalisador e redução da eficiência de reação. Por essa razão, ao se realizar o processo de transesterificação alcalina, tanto o álcool quanto éster não devem conter água, fato este que aumenta o custo do processo (SCHUCHARDT et al. 1998).

A definição do catalisador a ser empregado não será pautada apenas pela necessidade de velocidades maiores de reações ou pela existência de processos mais difundidos e sim pelos teores de ácidos graxos livres presentes nos glicerídeos (PARENTE, 2003). Para valores altos, recomenda-se a catálise ácida. Nela, que apesar de mais lenta e necessitar de temperatura e pressão mais elevadas, o rendimento da reação pode chegar à 99% (KNOTHE, G., SHEEHAM et al., 1998). Já para valores inferiores à 3%, a rota básica se apresenta como melhor condição. Ainda sobre a decisão da melhor tecnologia a ser empregada, Mittelbach e Tritthart (1988), afirmam que fator de extrema relevância é o conhecimento das características físico químicas do óleo vegetal residual, “o óleo de fritura traz consigo muitas impurezas, oriundas do próprio processo de fritura”.

Segundo Hocevar (2005), em proporções mássicas, têm-se que para a reação de 100 kg de óleo de fritura reagirem seriam necessários 10 kg de álcool, produzindo 100 kg de biodiesel e 10 kg de glicerina. Dentro ainda das questões reacionais, Silva et al. (2005) afirmam que o rendimento de conversão do processo de transesterificação está em torno de 80% em volume, o que se traduz em cálculos imediatos, quando da posse dos valores de geração do montante de óleo vegetal residual do SC por unidade de tempo.

Outro ponto que chama atenção para a transesterificação principalmente no panorama brasileiro diz respeito ao tipo de álcool utilizado. Comumente é utilizado o metanol, composto este derivado de petróleo, mas dada a realidade brasileira, este poderia simplesmente ser substituído pelo etanol, proveniente da agricultura, e compondo assim um cenário de combustível totalmente renovável (EMBRAPA). É salutar chamar atenção, como faz Ferrari et al. (2005) que para mesmos valores de taxas de conversão, os tempos empregados nos processos utilizando metanol são menores que os valores

encontrados quando utilizados etanol, pelo fato de o primeiro ter uma cadeia carbônica menor e apresentar menor umidade.

4.4.2 A usina de processamento

O processo de transesterificação, assim como as etapas de pré-tratamento da matéria prima, pós tratamento do biodiesel e recuperação dos reagentes utilizados em excesso com objetivo de otimizar o rendimento são realizados numa mesma instalação. Esse equipamento é uma miniusina industrial, que se caracteriza por composições modulares, de variadas marcas, modelos e capacidades. Além de bombas, conexões e automação mínima, sua estrutura básica restringe-se à alguns elementos essenciais:

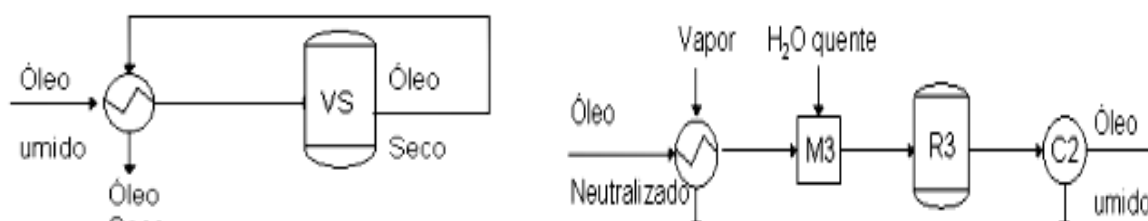
- Unidades individuais de armazenamento de reagentes e produtos
- Aquecedor
- Misturador
- Reator
- Decantador e unidade de decantação
- Sistema de Lavagem
- Secador
- Compressor de ar

A variação na estrutura do equipamento pode influenciar também na geração de resíduos como por exemplo o processo de lavagem do biodiesel. Ao invés da utilização de água para a retirada do excesso de sabão e reagentes presente no produto principal, utiliza-se um filtro de areia iônica.

4.4.3 Condicionamento da matéria-prima

O processo de preparação da matéria-prima consiste em corrigir os parâmetros de umidade e acidez através de uma lavagem com solução alcalina para posteriormente passar por um processo de desumidificação (PARENTE, 2003). Essas duas etapas apesar de constituírem um pré-tratamento da matéria-prima, como explicitado anteriormente influenciam significativamente nos resultados atingidos.

Figura 4.4.3 - Etapa de pré-tratamento do óleo vegetal residual.



Fonte: Encarnação, 2008

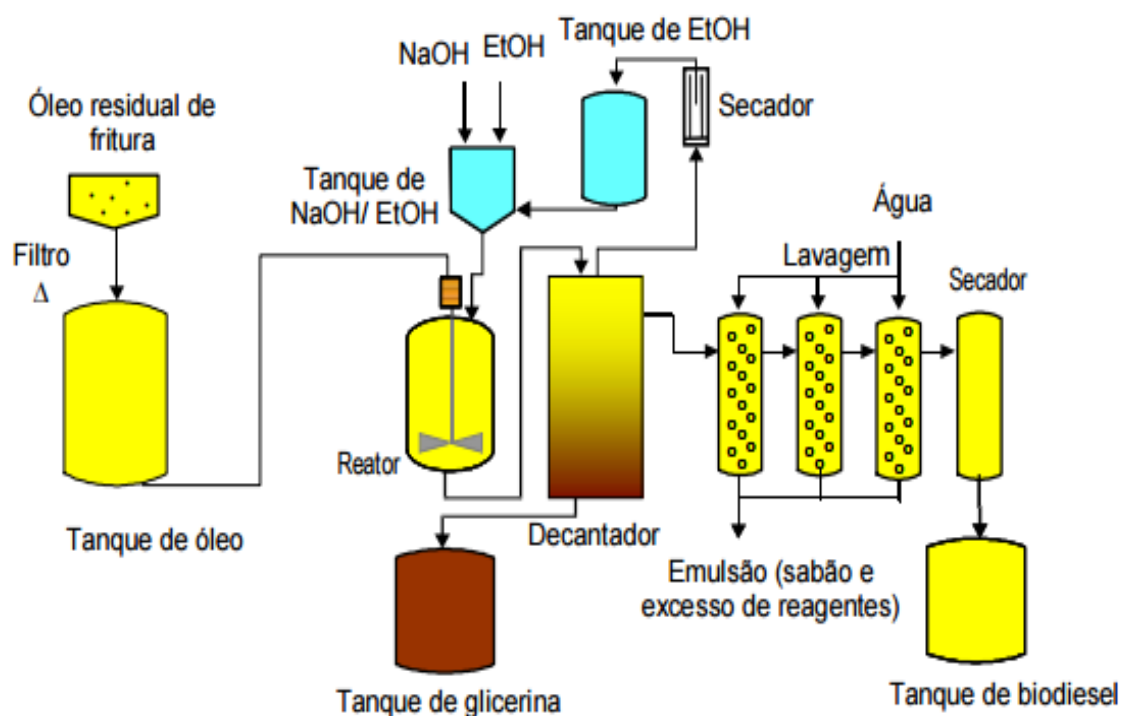
4.4.4 A operação da usina

Após passar pelo pré-tratamento onde a acidez e a umidade são corrigidas, o ORF é enviado a um tanque de armazenamento passando por um filtro para separação de impurezas, normalmente constituído de polipropileno para que sólidos em suspensão ainda possam ser removidos, fato que como comentado anteriormente implica diretamente no rendimento da reação. Deste tanque de armazenamento inicial, é bombeado para o reator, onde efetivamente ocorrerá a reação de transesterificação, pois para este mesmo local terá sido bombeado em paralelo o reagente previamente misturado ao catalisador (Figura 4.4.4). Não há uma preferência de operação comumente adotada por parte das usinas com relação à produção de fluxo contínuo ou por batelada. Em 2010, 64 usinas estavam autorizadas segundo à ANP à produzir biodiesel e numa pesquisa conduzida pela BiodieselBr, onde 57 delas participaram, 55% afirmaram operar em processo de fluxo contínuo, enquanto 45% delas disseram realizar as operações por batelada (BiodieselBr, 2010)

Do reator, a mistura parte para um tanque de decantação, onde após a separação em fases, partem três correntes, uma para o tanque de armazenagem de glicerina, outra para lavagem do biodiesel por aspersão e uma terceira de recuperação do reagente e do catalisador.

O processo de lavagem consome água e gera uma emulsão composta basicamente de sabão e excesso de reagentes. Feita a lavagem o biodiesel é secado e segue para o tanque de armazenamento.

Figura 4.4.4 - Fluxograma do processo de obtenção do biodiesel à partir do óleo residual de fritura.



Fonte: Christhoff, 2007.

Após certo tempo de residência, a mistura de ésteres parte para o tanque de decantação, onde por simples diferença de densidade se consolidará em duas fases: a fase superior, menos densa, será composta de uma mistura de ésteres, os quais dependerão da origem do álcool com mais ou menos excesso de reagente, a depender das proporções molares utilizadas e do rendimento buscado. Já a fase mais pesada será composta de glicerina bruta também com traços de álcool, água e impurezas.

Do tanque de decantação partem duas correntes: uma da fase superior, outra da fase inferior. Esta última será direcionada a um condensador para que sob aquecimento e por evaporação possa ser eliminada a água e o álcool ali misturados à glicerina bruta. A corrente que parte da fase superior passa por

uma etapa similar, permitindo que o biodiesel siga para a fase de lavagem.

4.4.5 Lavagem do biodiesel

A fase de lavagem é a última etapa do processo de produção do biodiesel. Ele percorre torres de aspersão de água, para que por fluxo gravitacional ou alguma outra forma específica necessária, para que ocorra como exemplifica de Paula et al. (2011) a “remoção de impurezas, tais como materiais polares, resíduos de catalisadores”. Feita a lavagem o biodiesel é secado e segue para o tanque de armazenamento.

No entanto, esse processo deve ter execução bem controlada pois vestígios de água emulsificada que permaneça no biodiesel pode além de promover a hidrólise dos ésteres transformando-os em ácidos graxos livres, ocasionar perda de qualidade do produto e o conseqüentemente desatendimento das normas de regulação e padronização da ANP. Para contornar esta situação, muitas vezes o biodiesel é destilado, mas dada a aplicação de energia, tem-se que o processo se torna mais oneroso, perdendo atratividade. Além do exposto a lavagem consome água e gera uma emulsão composta basicamente de sabão e excesso de reagentes. Uma proposta de alternativa é a purificação por adsorção ou lavagem a seco: utilização de resinas de troca iônicas como bauxita, argilas aluminosas e lateritos. O emprego desta técnica de purificação apresenta relevante diminuição do consumo de água em relação aos gastos com o tratamento de águas residuárias e baixo custo de implementação (BERRIOS; SKELTON; 2008)

4.4.6 Glicerol como subproduto

Conforme supracitado, na reação de produção do biodiesel também é formada a glicerina, a qual apresenta em sua composição majoritariamente glicerol, ésteres, óleo que não reagiu e possivelmente sabão quando o catalisador utilizado no processo produtivo for de caráter básico (SANTOS JÚNIOR & SANTOS, 2008).

Foi estimado pela National Renewable Energy Laboratory (NREL-EUA) que somente no ano de 2012, nos Estados Unidos, teriam sido produzidos 360

mil toneladas de glicerol apenas como subproduto da transesterificação de óleos e gorduras. Diversos setores produtivos como o de cosméticos e farmacêuticos além do setor alimentício utilizam a glicerina pura como insumo (ARRUDA, 2006).

Esse volume de glicerol produzido e sua consequente comercialização é de suma importância para que o processo de conversão do óleo residual em biodiesel tenha entre outros pontos de atração aspectos econômicos positivos. O custo dos reagentes, seria segundo Parente (2003) ao redor de 1/3 do custo total de produção.

O glicerol utilizado industrialmente tem pureza superior à 95%, com preço de venda apresentando uma variação de 60%. Essa variação está intimamente relacionada com o tipo de tratamento a ser empregado no beneficiamento do glicerol, o qual por sua vez está vinculado à qualidade do óleo residual utilizado na transesterificação (ARRUDA, 2006). Por outro lado que a depender da forma que o glicerol é beneficiado, novos resíduos podem ser gerados e condições limitantes podem se impor como restritivas, como por exemplo o alto consumo de água (COSTA, 2008). Portanto, um controle da qualidade anterior à etapa produtiva do biodiesel, como por exemplo a decantação e filtragem do óleo para a eliminação de impurezas, se justifica na contabilização de custos e na minimização dos impactos ambientais.

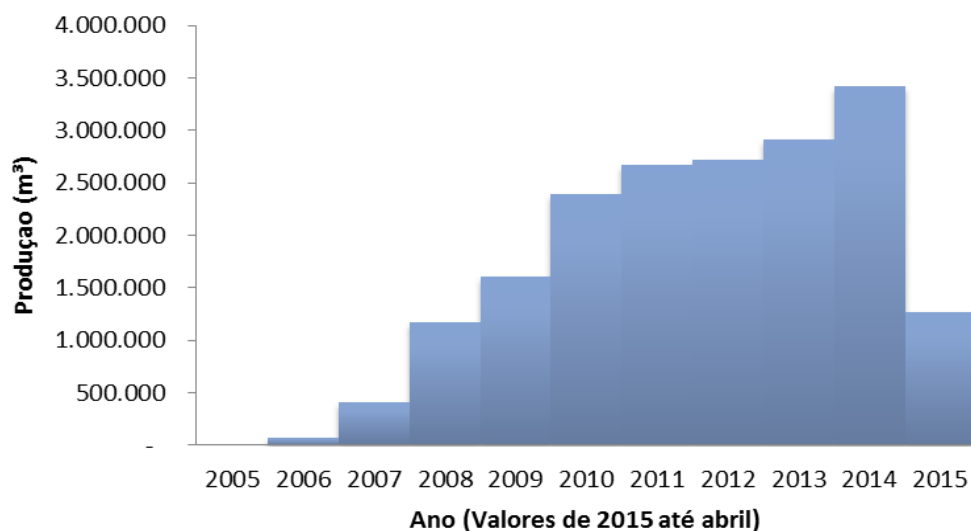
4.5 Panorama Nacional de Produção do Biodiesel

A produção e utilização do biodiesel como combustível alternativo ou complementar ao diesel foram estimuladas pelo Programa Nacional de Uso e Produção de Biodiesel (PNPB) de 2004. Segundo o PNPB, foi autorizada a mistura de biodiesel ao diesel mineral em dezembro de 2004, e a partir de janeiro de 2008 passou a ser legalmente obrigatória a mistura de 2% de biodiesel ao diesel mineral comercializado em todo país. A mistura atingiu o valor de concentração de 7% a partir de 1º de abril de 2015, conforme a medida provisória 647, de 28 de maio de 2014.

A produção nacional (Figura 4.5) vem aumentando ao longo dos últimos 10 anos segundo o Relatório de Entregas / Vendas Mensais de Biodiesel,

divulgado pela ANP. A produção de biodiesel em 2015 para os quatro primeiros meses atingiu a marca de 1.270.359 m³, o que equivale a mais de 37% da produção total do ano anterior, que foi de 3.419.838 m³.

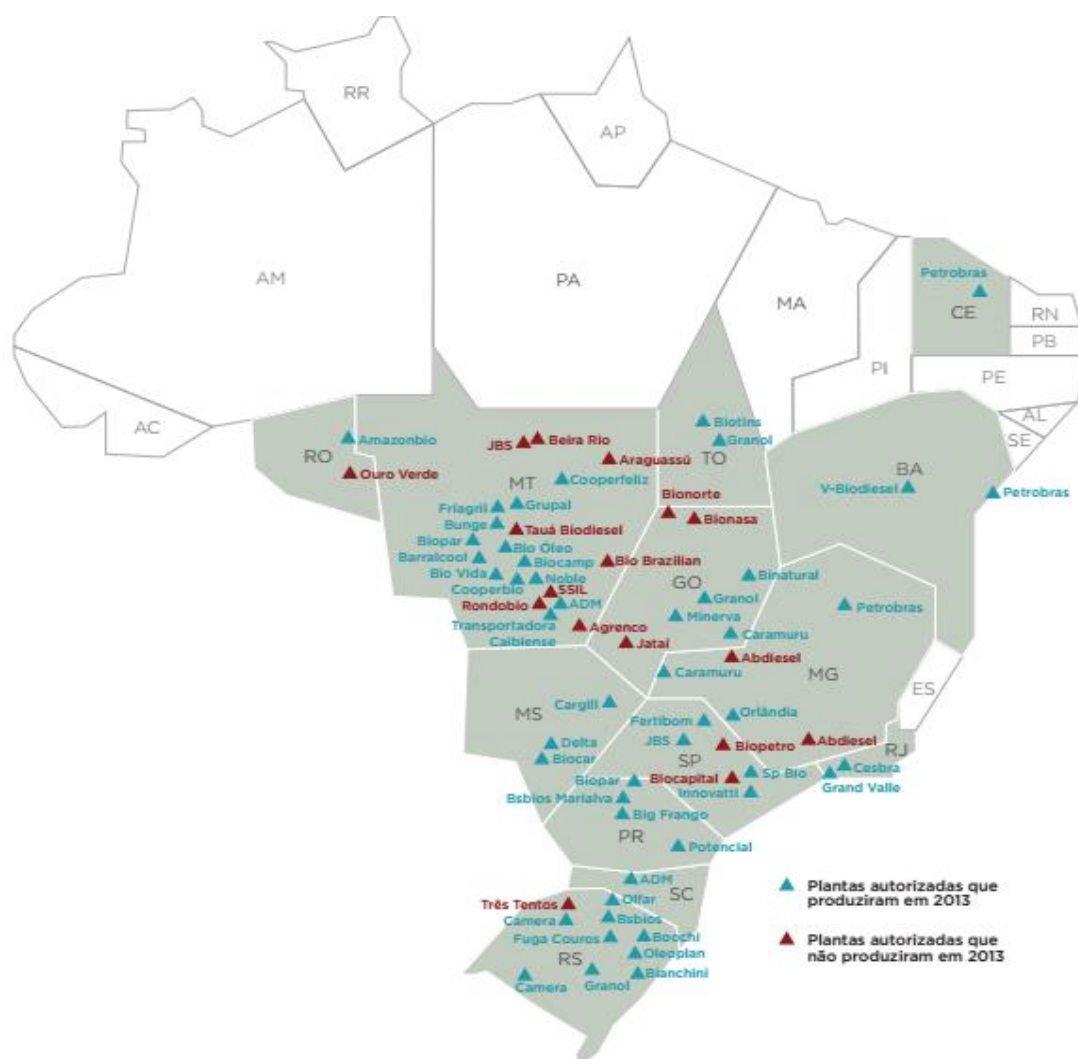
Figura 4.5-1 - Evolução da produção de biodiesel no Brasil.



Fonte: ANP, 2015. Nota: 2015 – Acumulado 1º Quadrimestre.

As usinas brasileiras de biodiesel (Figura 4.4-2) autorizadas pela ANP até setembro de 2013. É possível identificar uma grande concentração de usinas na região do centro-oeste brasileiro, área de grande importância no setor agropecuário brasileiro. Um total de 61 empresas estavam autorizadas a produzir biodiesel até a data do levantamento.

Figura 4.5-2 Distribuição espacial de Usinas de biodiesel.



Fonte: Anuário estatístico brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. ANP. 2014.

De acordo com o Balanço Energético Nacional (2014), o consumo de biodiesel na geração de energia elétrica é de cerca de 3,6% do consumo total. A principal utilização de biodiesel é no setor de transporte, em grande parte graças ao aumento gradativo de concentração deste combustível renovável na mistura com o diesel mineral, conforme medida provisória 647/2014, que determina o padrão de 7% de biodiesel misturado ao diesel mineral comercializado no país.

4.5.1 Matérias-primas na produção de biodiesel no Brasil

O biodiesel pode ser produzido a partir de diversas fontes, entre elas incluem-se os óleos vegetais, as gorduras animais, e por fim os óleos e gorduras

residuais (VAN GERPEN, J; KNOTHE, G. 2006).

Todos os óleos vegetais fixos ou triglicerídeos são passíveis de transformação em biodiesel. São exemplos desse tipo de óleo o óleo de amêndoa de coco (da praia, do dendê ou do babaçu), grão de amendoim, polpa do dendê entre outros. Óleos vegetais essenciais não podem ser utilizados para produção de biodiesel. Estes são voláteis e compostos por misturas de terpenos, terpanos e outras substâncias aromáticas (PARENTE, 2003).

Óleos e gorduras animais são semelhantes aos óleos vegetais quanto a estrutura química, sendo diferentes os tipos e distribuições das combinações do ácido graxo com o glicerol. Graças a isso, também podem ser transformados em biodiesel. Como exemplo pode-se citar o sebo bovino, óleo de peixes, banha de porco e outras gorduras de origem animal (PARENTE, 2003).

Óleos e gorduras residuais também podem ser utilizados para produção de biodiesel, com a ressalva de que a presença de água e ácidos graxos livres, comuns nos casos residuais, provoca mudança no processo de obtenção do biodiesel (KNOTHE; VAN GERPEN; KRAHL, 2006). No Brasil o uso deste tipo de óleo apresenta relevância graças ao baixo custo associado e em alguns casos até mesmo diminuição de impactos relacionados a gestão de resíduos sólidos (NOGUEIRA, 2011).

Dentro do grupo dos óleos vegetais, no Brasil há grande heterogeneidade e variedade de espécies oleaginosas que podem servir de matéria-prima para produção de óleo e conseqüentemente, de biodiesel:

O Brasil é um país que, por sua extensa área geográfica e clima tropical e subtropical, favorece uma ampla diversidade de matérias-primas para a produção de biodiesel. Destacam-se, dentre elas, as oleaginosas, como algodão, amendoim, dendê, girassol, mamona, pinhão manso e soja. (SEBRAE, 2008)

Dentre tais óleos, o ORF está incluído. Mesmo que sua participação ainda seja pequena no horizonte de todos os óleos e gordura utilizados, pode-se aferir que o uso do ORF para produção de biodiesel vem crescendo (Tabela 4.5.1)

Tabela 4.5.1 Participação das diferentes matérias primas na produção de biodiesel no Brasil (m3).

Matéria-prima	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Óleo de soja	801.320	1.250.577	1.960.822	2.152.298	2.041.667	2.142.990	2.551.813	687.816
Gorduras animais	206.966	258.035	330.574	367.578	481.231	611.215	731.935	204.298
Óleo de algodão	18.353	59.631	57.458	84.711	123.247	65.960	81.666	13.497
Óleo de fritura usado	0	0	4.751	13.044	17.827	30.667	25.949	6.235
Outras	140.489	40.206	32.835	55.130	53.511	66.664	28.475	6.161
Total	1.167.128	1.608.448	2.386.438	2.672.760	2.718.954	2.917.495	3.419.838	918.007

Fonte: ANP/ABIOVE, 2015

5 Geração de energia no Brasil

A geração de energia primária no Brasil no ano de 2013 foi de 296.215 tonelada equivalente de petróleo (tep), de acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN), sendo composta por fontes renováveis e não renováveis. A oferta de energia interna é composta principalmente por petróleo e produtos da cana de açúcar (Tabela 5).

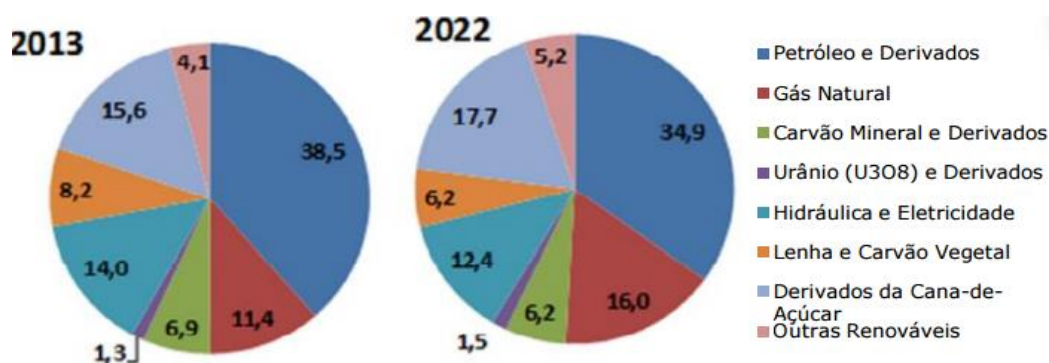
Tabela 5 - Geração de energia primária no Brasil - em toneladas equivalentes de petróleo.

FONTES	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
NÃO RENOVÁVEL	99.216	105.667	111.421	114.761	122.002	128.098	133.201	139.207	139.230	138.404
PETRÓLEO	76.641	84.300	89.214	90.765	94.000	100.918	106.559	108.976	107.258	104.762
GÁS NATURAL	16.852	17.575	17.582	18.025	21.398	20.983	22.771	23.888	25.574	27.969
CARVÃO VAPOR	2.016	2.348	2.200	2.257	2.552	1.913	2.104	2.134	2.517	3.298
CARVÃO METALÚRGICO	137	135	87	92	101	167	0	0	0	0
URÂNIO (U ₃ O ₈)	3.569	1.309	2.338	3.622	3.950	4.117	1.767	4.209	3.881	2.375
RENOVÁVEL	91.022	94.855	100.380	108.947	114.553	112.468	119.997	117.322	117.893	119.852
ENERGIA HIDRÁULICA	27.589	29.021	29.997	32.165	31.782	33.625	34.683	36.837	35.719	33.625
LENHA	28.187	28.420	28.496	28.618	29.227	24.609	25.997	25.997	25.683	24.580
PRODUTOS DA CANA-DE-AÇÚCAR	29.385	31.094	35.133	40.458	45.019	44.775	48.852	43.270	45.117	49.306
OUTRAS RENOVÁVEIS	5.860	6.320	6.754	7.705	8.526	9.459	10.464	11.219	11.374	12.340
TOTAL	190.238	200.522	211.802	223.708	236.555	240.567	253.198	256.529	257.123	258.256

Fonte: BEN, ano base 2013.

De acordo com o Plano Decenal de Energia, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a composição da matriz energética é caracterizada para o ano de 2013 e é estimada para o ano de 2022 (Figura 5-2), sendo evidenciado o aumento da participação de fontes alternativas renováveis de energia em quase todas as suas vertentes.

Figura 5 - Distribuição da oferta interna de energia atual e para os próximos dez anos.



Fonte: ANP/EPE

5.1 Consumo de Eletricidade no Brasil

De acordo com o BEN (2014), o consumo de energia elétrica no Brasil foi de 44404 tep, contabilizando os diferentes setores que participam desta estimativa. De acordo com a Tabela 5.1, é possível ver que o principal consumidor é o setor industrial, seguido pelo setor residencial e comercial.

Tabela 5.1 - Consumo de energia elétrica por setor.

SETORES	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
CONSUMO FINAL (10 ³ tep)	30.955	32.267	33.536	35.443	36.829	36.638	39.964	41.363	42.861	44.404
SETOR ENERGÉTICO	3,7	3,6	3,7	4,2	4,3	4,3	5,8	5,0	5,3	5,7
RESIDENCIAL	21,8	22,2	22,0	22,1	22,3	23,6	23,1	23,3	23,6	24,2
COMERCIAL	13,9	14,3	14,2	14,2	14,6	15,5	15,0	15,4	16,0	16,3
PÚBLICO	8,4	8,7	8,5	8,2	8,1	8,3	8,0	7,9	8,0	8,0
AGROPECUÁRIO	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,2	4,1	4,5	4,7	4,7
TRANSPORTES	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
INDUSTRIAL	47,8	46,7	47,0	46,7	46,1	43,8	43,8	43,5	42,1	40,7
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: BEN, ano base 2013.

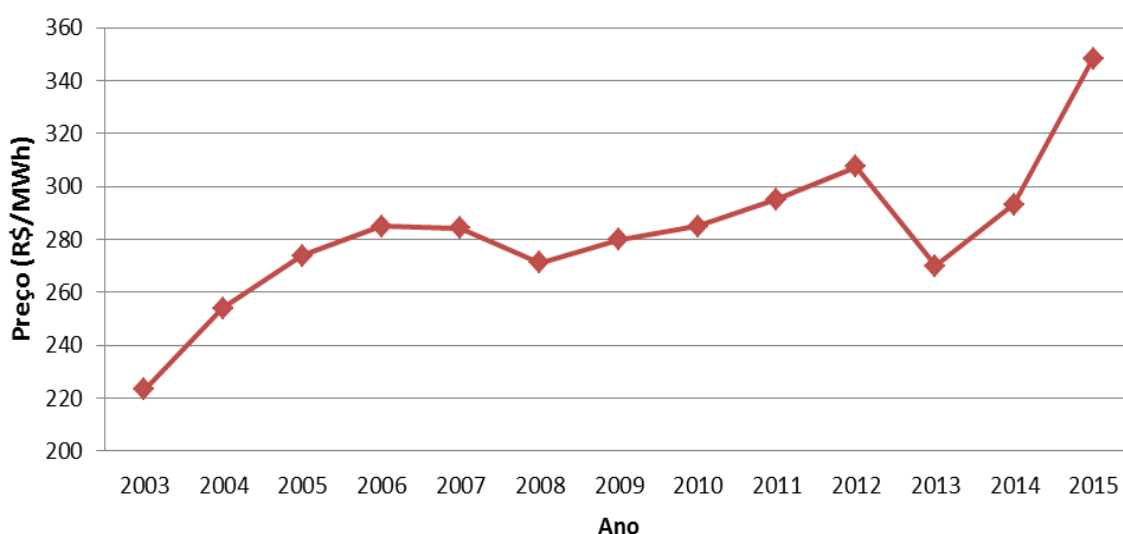
5.2 Preço da energia

Preço de energia é o preço cobrado por unidade de energia (reais/kWh). É formada pelos custos de geração, transmissão e distribuição, além de encargos e impostos. O custo cobrado do usuário não é apenas pelo consumo,

mas também pela disponibilidade de 24 horas ao dia, 7 dias por semana (ABRADEE).

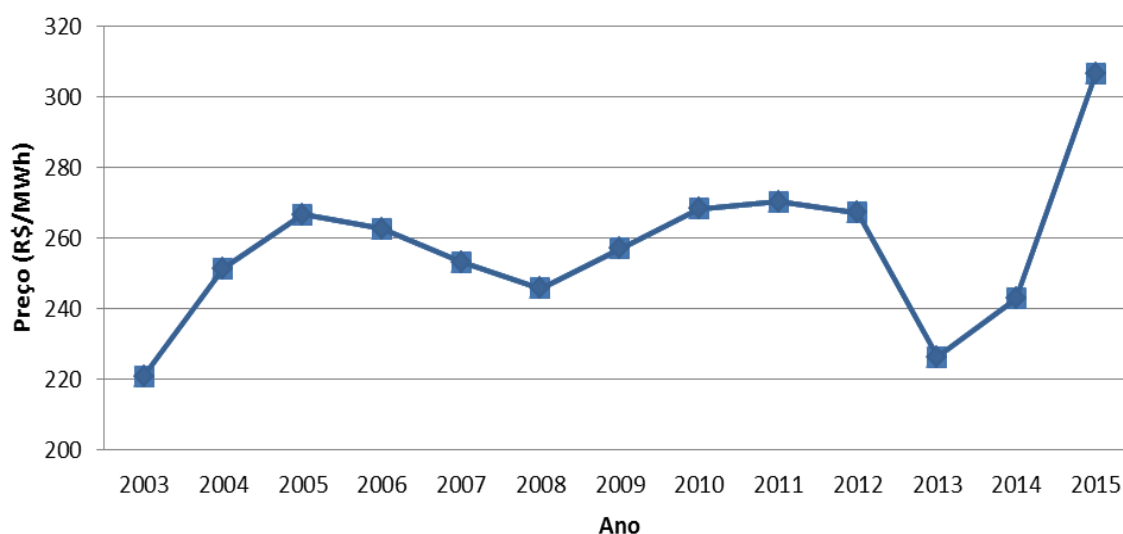
Nas figuras 5.2-1 e 5.2-2, é possível notar que houve aumento significativo do preço cobrado no Brasil e no Estado de São Paulo, chegando a valores de mais de 300 reais por megawatt-hora (R\$/MWh) em média no Estado de São Paulo, e no Brasil chegando à valores superiores à 340 R\$/MWh.

Figura 5.2—1 Evolução da tarifa média do Setor Comercial, Serviços e Outros no Brasil.



Fonte: ANEEL, 2015

Figura 5.2-2 Evolução da tarifa média do Setor Comercial, Serviços e Outros (São Paulo).

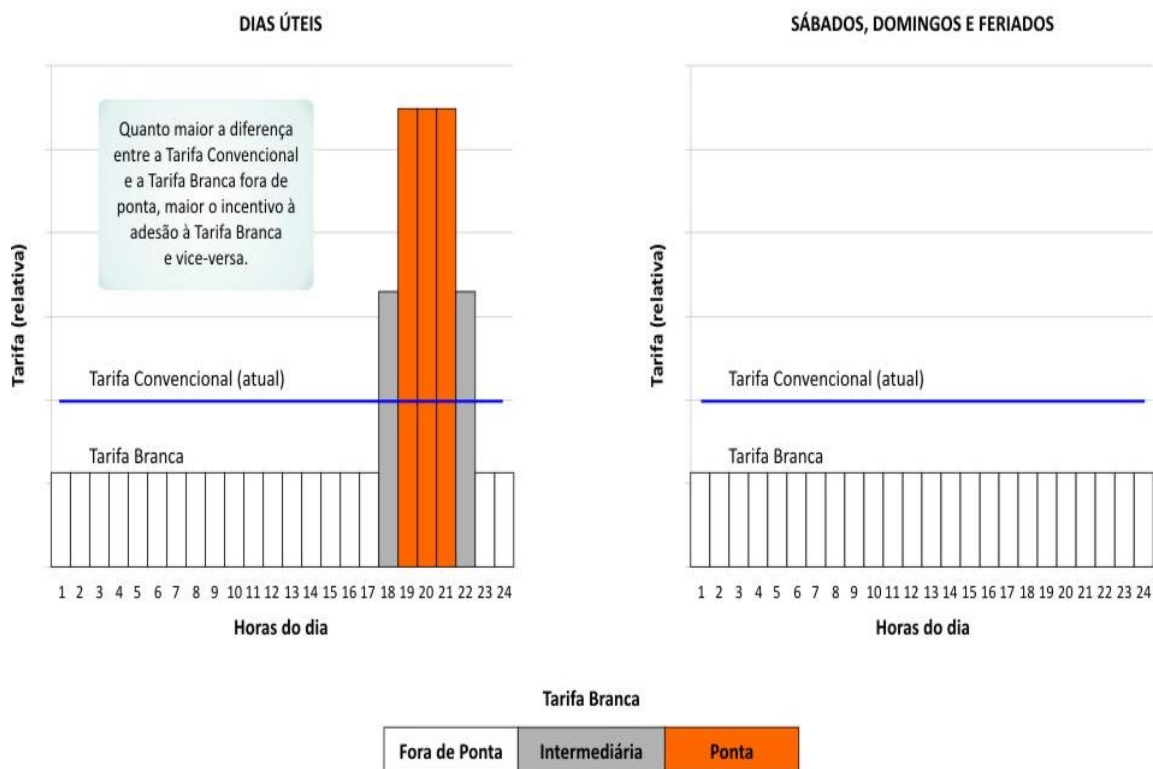


Fonte: ANEEL, 2015

5.3 A tarifa branca e o horário de Pico

De acordo com a ANEEL, existe uma maior procura pela energia elétrica entre as 18 horas e as 22 horas dos dias úteis, chamado de horário de pico (Figura 5.3). Com a adoção da tarifa branca, que diferencia os valores cobrados pela energia de acordo com o horário de uso, em função da maior procura dentro do horário de pico a tarifa de contratação de energia é mais cara dentro deste período.

Figura 5.3 - Gráfico comparativo entre a Tarifa Branca e a Tarifa Convencional.



Fonte: ANEEL

Em São Paulo, a Eletropaulo determina que o horário de ponta é das 17 horas e 30 minutos até as 20 horas e 30 minutos, válidos para dias úteis e feriados. (ELETROPAULO, 2015).

5.4 Geração Distribuída de Energia

A resolução 482 da ANEEL, datada de 17 de abril de 2012, possibilita a geração própria de energia por parte dos consumidores, a partir de fontes

renováveis de energia (energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada), de tal forma que caso haja excedente de produção energética, essa possa ser fornecida à rede de distribuição. Tal dispositivo regulamenta a micro e mini geração de energia, sendo a micro geração aquela com potência instalada de valor igual ou menor à 100 kW e mini geração correspondendo a geração com potência instalada entre 101 kW e 1 MW.

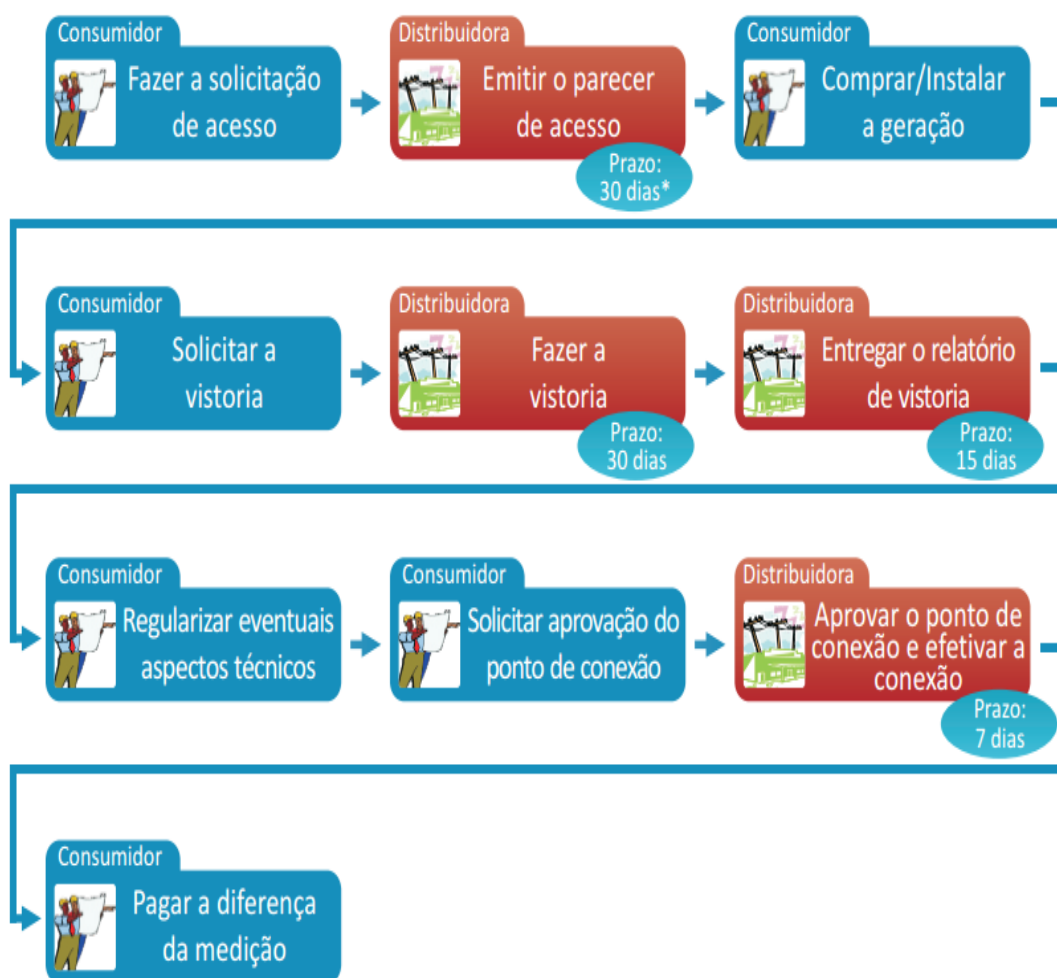
“Geração distribuída é a denominação genérica de um tipo de geração de energia elétrica que se diferencia da realizada pela geração centralizada por ocorrer em locais em que não seria instalada uma usina geradora convencional, contribuindo para aumentar a distribuição geográfica da geração de energia elétrica em determinada região.” (SEVERINO; CAMARGO; OLIVEIRA, 2008).

A geração distribuída é estimulada devido aos potenciais benefícios energéticos, dos quais podem-se citar o adiamento de grandes investimentos de expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, além do baixo impacto ambiental e da redução do carregamento das redes (ANEEL).

De acordo com o Caderno Temático sobre Micro e Mini-geração Distribuída (ANEEL, 2014), para a central geradora ser caracterizada para a geração distribuída, devem ser seguidos os passos explicitados no fluxograma da Figura 5.4, tendo participação no processo não somente o consumidor que pleiteia a geração distribuída, mas também a distribuidora de energia.

É permitido através do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), que o usuário que instale pequenos geradores possa realizar uma troca de energia com a empresa responsável pela distribuição de energia. Para que possam solicitar ingresso ao sistema, o consumidor que faz a micro e minigeração deve ser um cliente de baixa ou média tensão, sendo enquadrados nestes setores as residências, indústrias e comércios (ELETROPAULO, 2015).

Figura 5.4 - Fluxograma de etapas e prazos de acesso à geração distribuída.



Fonte: Caderno Temático ANEEL, 2014

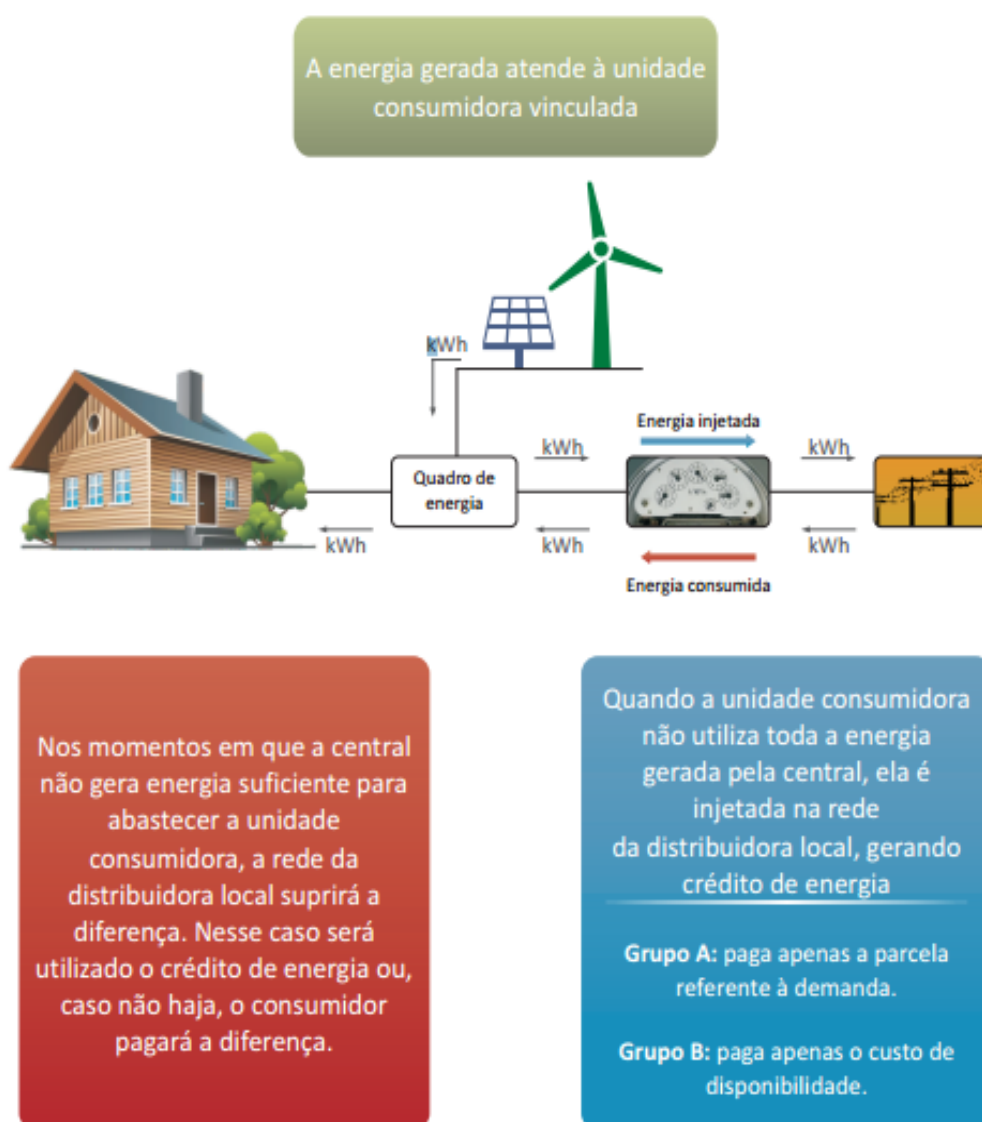
5.4.1 Sistema de compensação de energia elétrica (SCEE)

Disposto pela resolução 482/12 da ANEEL, o sistema permite a troca de energia do consumidor com a distribuidora de energia. A produção de energia excedente em um certo período pode ser colocada na rede, a fim de ser consumida em outro momento pelo consumidor. Desta forma o consumidor ajuda a distribuidora na geração de energia, e obtêm um crédito para utilizar quando seu consumo supera o valor de geração.

O micro ou minigerador que tiver excedente de produção de energia recebe um crédito em energia, medido em kWh, na fatura seguinte. Após a data de faturamento, o consumidor tem o prazo de 36 meses para consumir os créditos

de energia (ELETROPAULO, 2015; ANEEL, 2014).

Figura 5.4.1 - Representação esquemática do sistema de compensação de energia elétrica.



Fonte: ANEEL, 2015

5.4.2 Desoneração de tributação

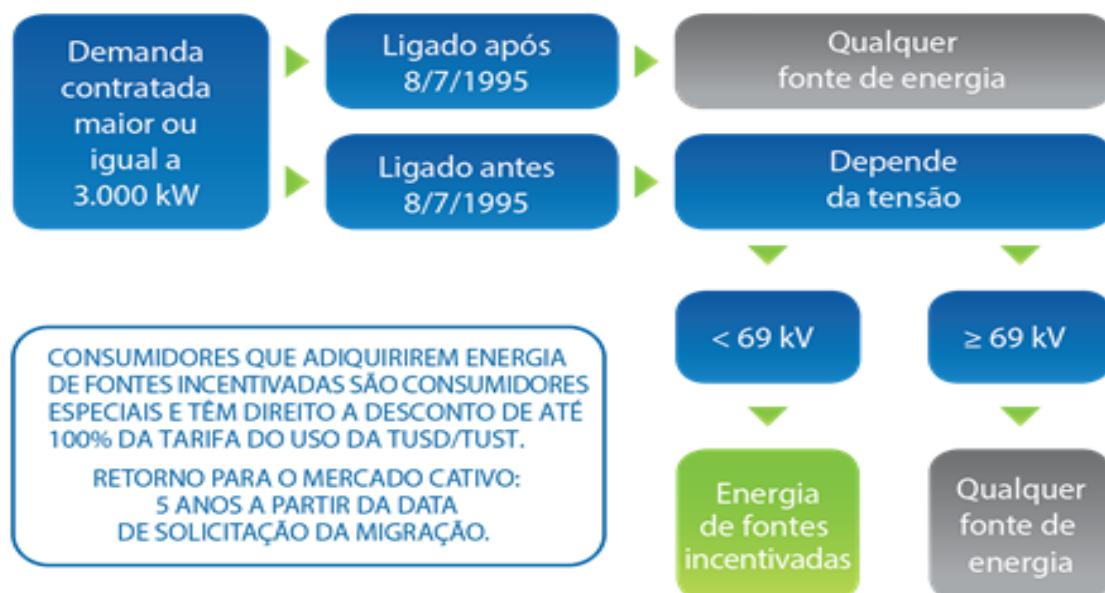
Em outubro de 2015 foi publicada a lei 13.169 que altera esta resolução 482 da ANEEL e prevê a desoneração da tributação dos microgeradores e minigeradores. Essa desoneração reduziu a zero as alíquotas da Contribuição ao PIS /COFINS incidentes sobre a energia elétrica fornecida pela distribuidora à unidade consumidora no montante equivalente à soma da energia elétrica

injetada na rede pela segunda. Os créditos a serem utilizados podem ter sido gerados num mês que não é necessariamente aquele que se pleiteia a desoneração.

5.4.3 Mercado livre de energia

O Ambiente de Contratação Livre de energia, ou comumente conhecido como Mercado Livre de energia é um segmento do setor elétrico onde são realizadas compra e venda de energia elétrica em condições como o próprio nome diz, livremente negociadas. Essas comercializações têm procedimentos estabelecidos pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Para ser consumidor do mercado livre, a demanda contratada deve ser superior aos 3.000 kW com tensão de fornecimento balizada em 69 kV, podendo essa energia ser de fonte incentivada (pequenas centrais hidrelétricas, usinas térmicas de biomassa, eólicas) ou convencional, como mostra a Figura 5.4.3.

Figura 5.4.3- Representação esquemática do enquadramento de empreendimentos no mercado livre de energia.



Fonte: CCEE, 2014

Para os shopping-centers pode fazer sentido em estar presente no mercado livre de energia, uma vez que segundo dados da Associação Brasileira de Shopping Centers, os gastos com energia elétrica podem chegar a até 45% dos gastos condominiais. Em 2010, já eram mais de 109 complexos comerciais inseridos nessa modalidade, e a economia obtida no setor de shopping center com a incursão no mercado livre de energia oscilava em torno de 10% a 15% (ABRACEEL, 2012)

6 Levantamento de Dados

6.1 Objeto de Estudo

Dentre os 53 SC localizados na cidade de São Paulo, foi realizada uma pesquisa para que pudesse ser feita uma opção. Foi levado em consideração o porte do empreendimento, o número de restaurantes do SC, bem como a adoção de medidas mitigatórias com relação a impactos ambientais causados pela geração de resíduos sólidos.

O escolhido foi Shopping Eldorado. Tal decisão foi tomada em função do grande porte do SC, pela presença de mais de 40 restaurantes dentre os quais há geração de ORF, pela média diária de visitação que é de 50 mil pessoas, além das ações de mitigação de impactos ambientais oriundos da geração e disposição de resíduos sólidos. Como exemplo de tais ações, podem ser citados o “Projeto de Compostagem do Shopping Eldorado - Teto Verde” e o projeto “Uma Lata, Um Sorriso” (IVANHOE, 2015).

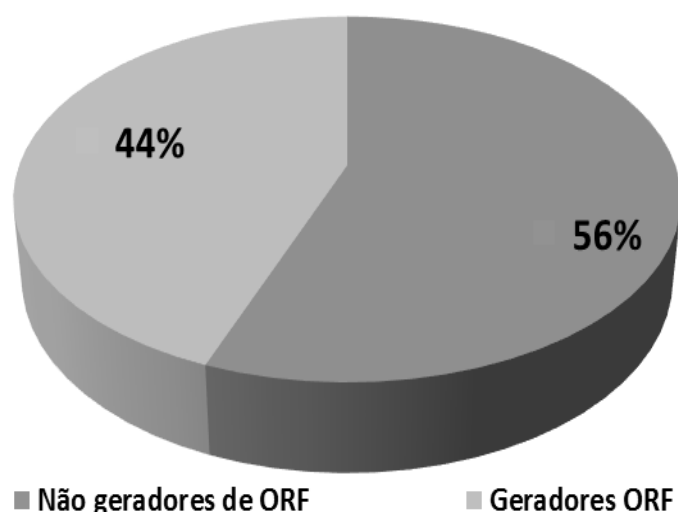
6.2 Caracterização da geração de óleo

A fim de se estimar a quantidade de óleo gerada em um SC, foi decidido que seria feito o estudo de geração do óleo residual dos processos de fritura nos restaurantes do Shopping Eldorado. Para tal, foi elaborado um formulário para preenchimento com as informações de cada um dos estabelecimentos ligados de alguma maneira a alimentação, sendo totalizados em 86, entre quiosques, sorveterias, lojas de alimentos, restaurantes e cafés.

Em visitas realizadas nos empreendimentos, foi feita uma pesquisa para levantamento dos dados necessários, incluindo as seguintes informações: restaurante, nome do entrevistado, cargo, quantidade de óleo residual de fritura gerado em uma semana e, por fim, se o restaurante já realiza a destinação do óleo residual.

O número de comércios geradores de ORF é de 38 unidades, enquanto o número de não geradores de ORF é de 49 estabelecimentos. Na figura 6.2-1 é possível observar tal distribuição, medida em porcentagem.

Figura 6.2-1 - Participação de estabelecimentos geradores e não-geradores de ORF.



Fonte: Autores, 2015

6.2.1 Estabelecimentos geradores de ORF:

Para oferecer um serviço diferenciado, além da praça de alimentação tradicional, aonde há compartilhamento de mesas pelos consumidores de diferentes restaurantes, em alguns SC há também uma área diferenciada, onde os restaurantes possuem mesas próprias e o atendimento é feito por garçons (COLLAÇO, 2004). Desta maneira, os restaurantes foram em duas classes: restaurantes da praça de alimentação e restaurantes com mesa interna.

Na praça de alimentação há um total de 32 restaurantes, onde apenas 21 utilizam processos de fritura e são, consequentemente, geradores de óleo residual. Não foram contabilizados restaurantes que utilizam óleo apenas para tempero de alimentos, devido ao baixo volume de óleo utilizado em comparação com processos de fritura.

A média de geração de óleo residual por semana é explicitada na Tabela 6.2.1-1, e em cada um desses geradores é de 53,3 litros por semana. Se forem considerados todos os restaurantes da praça, sem que haja distinção entre geradores ou não de óleo, a média de geração é de 35 litros por semana.

Tabela 6.2.1-1 Informações gerais da geração de óleo no Shopping Eldorado dos restaurantes da praça de alimentação.

Número restaurantes	32
Volume médio geração ORF (litros/mês)	140
Número restaurantes geradores ORF	21
Volume médio por gerador (litros/mês)	213,2
Volume total gerado (litros/mês)	4477,2

Fonte: Autores, 2015

As informações gerais sobre os 17 estabelecimentos com mesa interna estão dispostas na Tabela 6.2.1-2. Deste total, 16 são geradores de ORF com média de geração semanal de 97,3 litros por semana. Caso sejam considerados todos os restaurantes com mesa interna, a média passa a ser de 91,6 litros por semana. Um desses restaurantes teve seu volume estimado, sendo atribuída uma geração de 97,3 litros/semana para ele, uma vez que essa era a média para geradores. Tal estimativa foi feita devido à política de sigilo de informações por parte do restaurante, e também pelo conhecido cardápio de frituras do restaurante.

Tabela 6.2.1-2 Informações gerais da geração de óleo no Shopping Eldorado dos restaurantes com mesas em área interna.

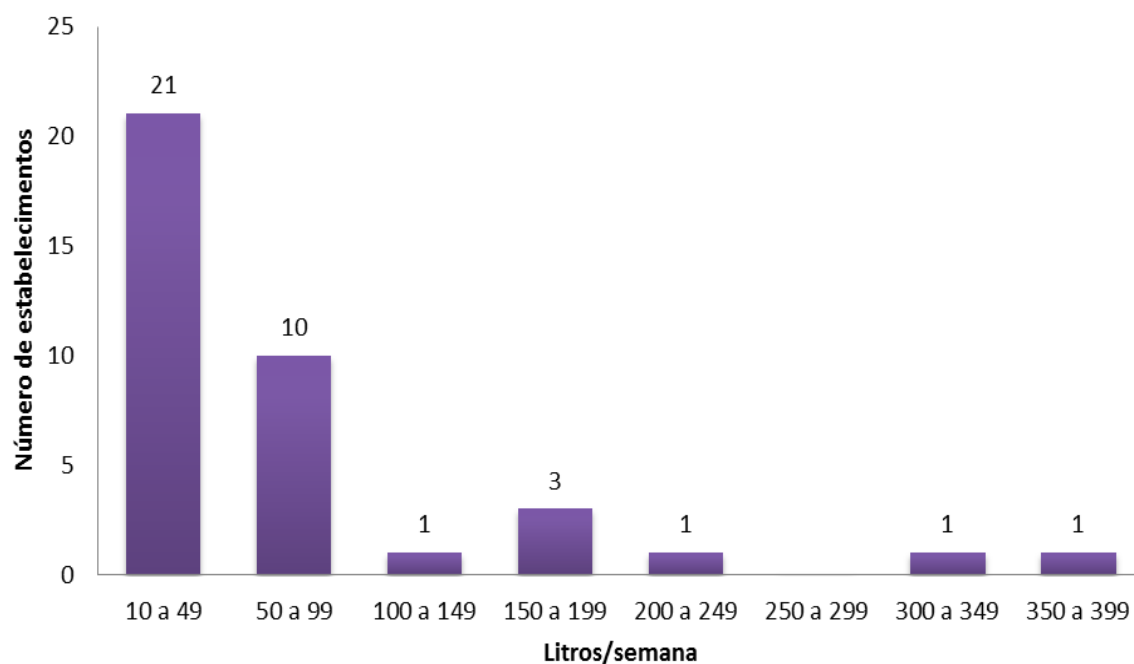
Número de restaurantes	17
Média geração ORF (litros/mês)	389,2
Numero restaurantes geradores ORF	16
Média por gerador (litros/mês)	366,4
Volume total gerado (litros/mês)	5862,4

Fonte: Autores, 2015

Por fim, foi levantada a geração de óleo do único hipermercado interno ao SC, que tem geração de óleo oriundo de processos de fritura de alimentos que o mesmo vende prontos para o consumo. A geração semanal é de 11 litros.

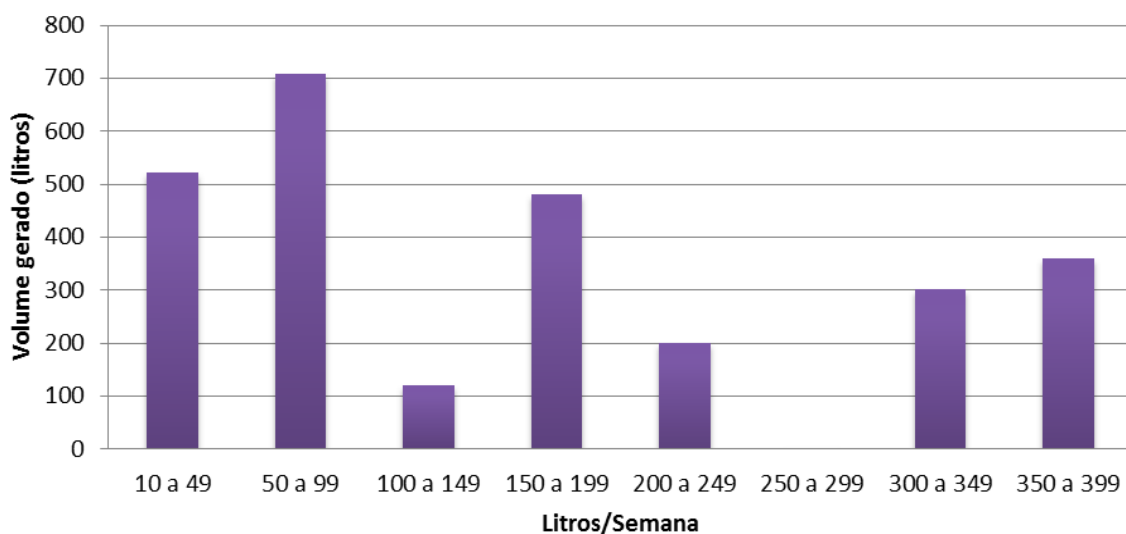
Somando-se todos os estabelecimentos, tem-se um total de 2688,5 litros de ORF gerado toda semana no SC. A média de geração contando-se os 90 estabelecimentos é de 29,9 litros por semana para cada um. Se considerarmos apenas os restaurantes geradores, a média é de 72,7 litros para cada. Para valores mensais, temos que o total gerado pelo SC é de 10.339,6 litros.

Figura 6.2.1-1 - Caracterização dos estabelecimentos geradores.



Fonte: Autores, 2015

Figura 6.2.1—2- Representatividade do volume de ORF gerado por intervalo de geração de litros de biodiesel semanal.

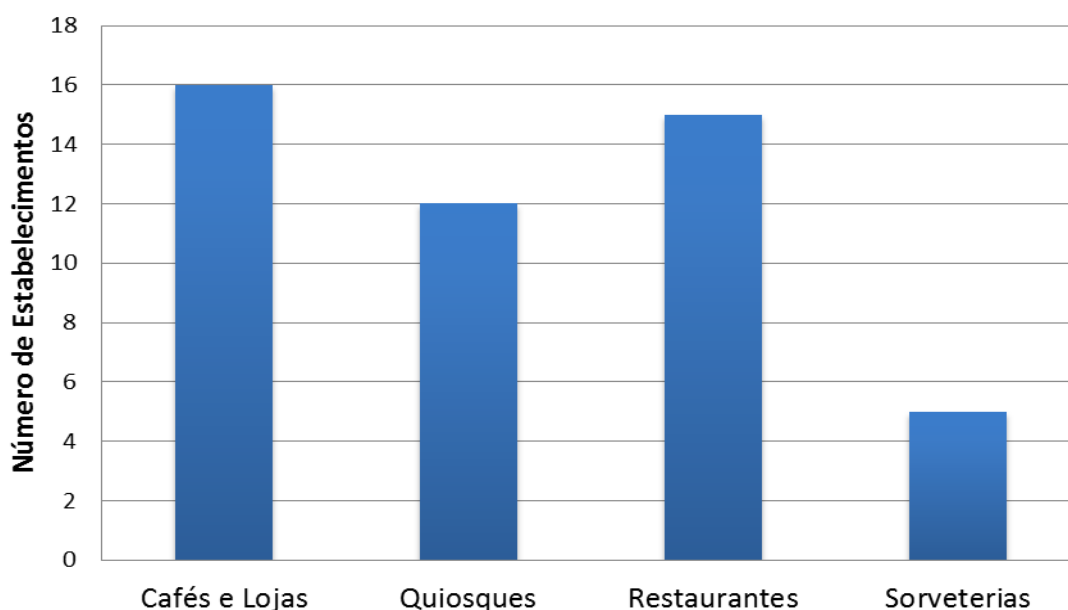


Fonte: Autores, 2015

6.2.2 Estabelecimentos não geradores de ORF:

Dos estabelecimentos visitados, tem-se que 48, ou seja, mais do que a metade (55%) não gera óleo residual por não realizar o processo de fritura. Foram contabilizados 16 cafés ou lojas, 15 restaurantes, 12 quiosques e 5 sorveterias. Vale ressaltar que todos os quiosques, sorveterias, cafés e lojas não realizam processo de fritura e consequentemente não geram ORF.

Figura 6.2.2-1 - Composição dos estabelecimentos não-geradores de ORF.



Fonte: Autores, 2015

6.3 Características do Gerador elétrico do SC:

Em entrevista feita com o gerente de operações e funcionário da administradora do SC, Thiago Moraes (informação verbal), foi exposto que o empreendimento dispõe de quatro geradores, porém sua utilização é restrita aos horários de emergência, quando há corte no fornecimento de energia elétrica. Sendo a instalação elétrica preparada para funcionamento de escadas rolantes e elevadores, quando utilizando o gerador como fonte.

Sendo assim, será adotada a premissa de que a infraestrutura do empreendimento permite a utilização de geradores de energia como fonte alternativa ou suplementar ao fornecimento de energia proveniente de compra

no mercado livre, tema que será abordado na sessão 6.4. Desta maneira, poderá ser feita uma estimativa sobre o consumo médio de um gerador, em comparação com sua potência gerada.

6.3.1 Levantamento de Informações Sobre Geradores

Para estimar os valores de potência instalada e de consumo dos geradores elétricos do estabelecimento, foram consultadas duas empresas responsáveis por fornecer tais equipamentos para SC em todo o Brasil. As empresas consultadas foram “Stemac” e “Cummins Power Generation”.

Os dados obtidos com empresa Cummins Power Generation são dispostos na Tabela 6.3.1-1, evidenciando algumas informações sobre os SC em que estão instalados.

Tabela 6.3.1- 1 - Modelos de geradores da empresa Cummins Power generation

Shopping	Shopping Sul	North Parangaba	Costa Dourada
Cidade	Goiania	Parangaba	Cabo de Santo Agostinho
Número de lojas	160	230	100
Empresa	Cummins	Cummins	Cummins
Modelo	C400D6	C1000D6	C400D6
Potência (kVA)	500	1150	500
Quantidade de Geradores	2	3	4
Potência Total Instalada (kVA)	1000	3450	2000
Consumo Prime-Full (l/h)	100	240	100

Fonte: Cummins Power Generation.

A empresa Stemac foi consultada e dispôs os dados de geração instalada em cada um dos shoppings, porém não especificou qual fabricante dos motores utilizados, Tabela 6.3.1-2. Desta maneira, foram levantados todos os motores utilizados pela empresa para as determinadas potências instaladas em cada um dos empreendimentos.

Tabela 6.3.1-2 - Modelos de geradores da empresa Stemac

Shopping	Gravataí			Pelotas	Midway Mall
Cidade	Gravataí			Pelotas	Natal
Número de lojas	160			146	280
Empresa	Stemac (Volvo)	Stemac (Scania)	Stemac (Cummins)	MTU Perkins	Cummins
Modelo	TAD1344GE	DC13 072A 02-12	NTA855-G5	10V1600G20S 2806A-E18TAG3	NTA855-G5
Potência (kVA)	500			750	450
Quantidade de Geradores	2			2	2
Potência Total Instalada (kVA)	1000			1500	900
Consumo Prime-Full (l/h)	91,2	91,2	100	114,08 147	110

Fonte: Stemac.

Para efeitos de cálculo de viabilidade e de consumo, serão adotados os dados do empreendimento que mais se aproximam dos analisados no presente estudo, quando levado em conta o número de lojas. De acordo com a administradora do SC (Ancar Ivanhoe, 2015), o número de lojas é de 340. Sendo assim o gerador adotado será o modelo NTA855-G5, do SC Midway Mall.

O consumo é de 110 L/h por gerador e como eles estão num total de dois equipamentos instalados, o consumo total é de 220 litros por hora, com geração indicada com potência de 900 kVA, ou 800 kW.

6.4 Preço de energia elétrica pago pelo shopping-center

Para estimar o valor de energia elétrica consumida pelo empreendimento, foi feito um estudo dos Relatórios Individuais Gerais de Medição do ano de 2014 disponíveis no site da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE, 2015), em virtude da não disponibilização dos dados pela empresa administrado do SC. A média de consumo mensal do SC foi de aproximadamente 3.355 MWh por mês.

Na Tabela 6.4 é possível compreender a formação de tal número mensal de consumo no mercado livre. A adoção deste valor é feita assumindo-se a discrepância com os valores do ano de 2015, porém os dados possibilitam uma aproximação que viabiliza a posterior análise financeira.

Tabela 6.4 Composição de consumo do Shopping Center Eldorado em 2014.

Total de Consumo do Agente (MWh)				
Mês	Pesado	Médio	Leve	Total/Mês
Janeiro	550,087	2330,627	752,707	3633,421
Fevereiro	508,347	2133,011	685,447	3326,805
Março	498,03	2166,685	798,394	3463,109
Abril	472,425	2051,025	793,263	3316,713
Mai	489,382	2074,75	723,931	3288,063
Junho	434,628	1887,447	751,298	3073,373
Julho	483,131	2035,475	658,412	3177,018
Agosto	474,397	2018,128	712,287	3204,812
Setembro	492,054	2078,322	663,824	3234,2
Outubro	525,893	2215,483	703,386	3444,762
Novembro	481,834	2120,391	843,666	3445,891
Dezembro	511,037	2334,559	812,127	3657,723
Total	5921,245	25445,903	8898,742	40265,89
Média/mês	493,437	2120,492	741,562	3355,491

Fonte: CCEE, 2015.

Para estimar os valores gastos pelo SC no mercado livre, primeiramente foi levantada a categoria de consumidor em que se enquadra. Em documento disponibilizado pela CCEE (2015), é indicado que o SC é consumidor especial, se enquadrando na modalidade de energia incentivada.

Desta forma, para que se pudesse calcular o preço pago mensalmente pelo consumo de energia, foi consultada a publicação mensal Mercado da Energia Elétrica (Replace, 2015), do mês de setembro de 2015, sendo esta uma análise de uma consultoria especializada em energia. Há no citado estudo o valor de cotação do MWh para o ano de 2015 e a projeção para o ano de 2016, sendo respectivamente R\$ 195,00/MWh e R\$ 213,00/MWh.

Vale ressaltar que ainda no mesmo estudo analisado (Replace, 2015), os preços sofreram uma queda a partir de maio de 2015, porém entre os meses de fevereiro e março o preço praticado foi superior a 400 R\$/MWh, indicando a volatilidade do mercado, podendo este fator vir a ser analisado na sessão subsequente de análise financeira.

Figura 6.4 - Preços praticados no mercado livre de energia.



Fonte: Replace, 2015.

7 Alternativas para solução do problema

Para decisão sobre qual melhor cenário a ser utilizado para solucionar o problema da transformação de óleo de fritura usado e posterior aproveitamento em geração de energia elétrica, temos que há 2 possibilidades que serão analisadas no presente estudo.

A primeira delas é a situação atual do estabelecimento, onde há descarte regular do óleo utilizado, porém de maneira individualizada de cada restaurante. O segundo, é a proposta de implantação de uma usina semi-industrial para transformação de ORF em biodiesel.

7.1 Cenário 1 – Situação Atual

Este cenário caracteriza-se pela destinação do óleo de maneira individual, realizada por cada restaurante com uma empresa, cooperativa ou ONG escolhida pelo proprietário. Como cada volume segue para um destino diferente e em pequenas quantidades, tem-se que há queima de combustíveis fósseis por parte das diferentes empresas que realizam tal coleta, de maneira que poderia ser feita de maneira unificada, em todos os restaurantes. Não há transformação do óleo dentro do SC, e por consequência não há ganhos com geração de energia nem de combustíveis

Em contrapartida, também não há investimento necessário para implantação de coleta e de usina para transesterificação, nem necessidade de aplicação de capital para operação de um processo novo que possa vir a ser implantado. Como a destinação é feita de maneira correta, não há nenhum custo evitado pela adoção de medidas para com o óleo

7.2 Cenário 2 – Implantação de Usina Semi-Industrial de Biodiesel

O segundo cenário analisado é a implantação de uma usina para transformação do óleo em biodiesel no próprio local de geração. Havendo essa conversão, haveria diminuição nos gastos com combustível para o SC, uma

vez que seria utilizado o biodiesel, e além disso, não haveria mais os custos com a disposição do óleo residual de fritura por parte dos restaurantes. Tal alternativa se apresenta como eficaz na reunião de fatores como facilidade de logística de coleta, acúmulo e utilização, além de incentivos legais pela micro ou mini-geração distribuída. Entretanto, pode ter sua viabilidade contestada em função de apresentar investimento inicial relevante e necessitar de tempo de retorno do capital.

7.2.1 Especificações da usina

Abaixo estão apresentados, detalhadamente, os componentes que constituem a usina em questão, sendo o conjunto completo de equipamentos responsáveis por iniciar e finalizar o processo de transesterificação:

- 1 reator de 500 litros de biodiesel/8horas: sistema estado-rotor de aço inox + medidor de quantidade + resistências + bombas + tubulações + registros;
- 1 filtro de óleo de óleo usado sistema bag com vazão de 500 litros/hora + bombas + tubulações + registros
- 1 filtro de lavagem à seco de biodiesel com vazão de 500 litros/hora + bombas + tubulações + registros
- Quadro elétrico 220 volts trifásico
- 4 tanques de 1.000 litros cada:
- 1 armazenagem do biodiesel
- 1 armazenagem de óleo usado
- 1 armazenagem de glicerina
- 1 armazenagem de óleo limpo

Mangueiras + abraçadeiras + equipamento de EPI + balança + 2 bombonas de plástico para mistura dos produtos químicos

Figura 7.2.1 – Componentes da mini-usina de transesterificação.



Fonte: Planeta Biodiesel, 2015

As chamadas bombonas de armazenagem, são recipientes de 50 litros que serão utilizados para acumulação do ORF por parte dos restaurantes. São contabilizadas um total de 100 unidades, para que sejam disponibilizadas duas destas para cada empreendimento gerador, mediante a troca de uma unidade vazia por uma unidade completa. Essa opção torna-se aceitável dado o baixo custo de aquisição deste material em face de uma maior facilidade de gestão deste resíduo por parte da operação da mini-usina.

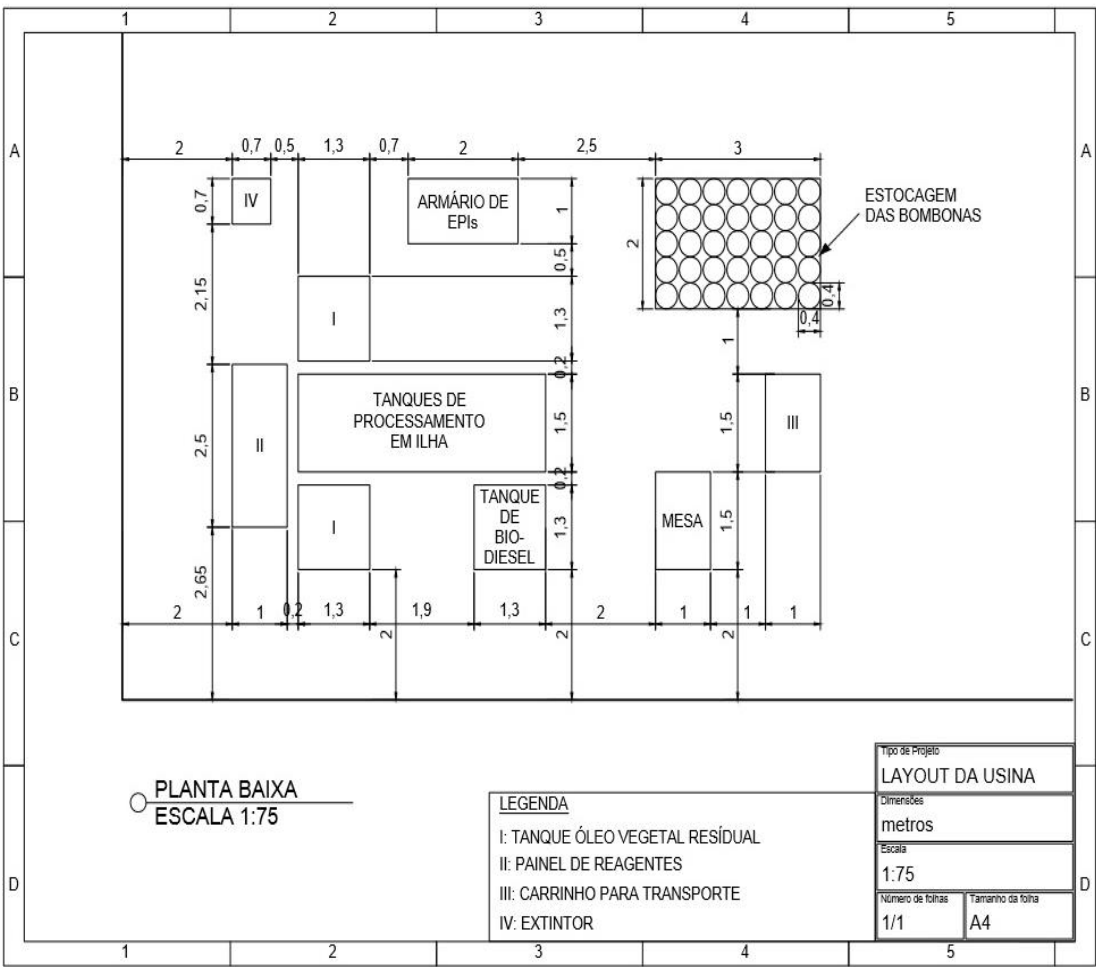
7.2.2 Layout da usina

A Figura 7.2.2 exemplifica a instalação da usina em cinco vagas de garagem de 4,5m x 2,30m, somada uma parte da via de acesso a essas vagas. Há identificação do local de armazenagem para as bombonas e o acesso é feito via elevador de serviço no primeiro subsolo do empreendimento. O

espaçamento é feito de maneira que facilite o acesso com carrinhos de transporte.

A automatização do processo permite que a temperatura seja controlada, não acarretando maiores preocupações, mas não dispensando o devido cuidado com eventuais falhas operacionais do desligamento automático do sistema de aquecimento. O local visitado no estacionamento do shopping, possui um sistema de exaustão, além de duas laterais do entorno (face norte e face leste) serem abertas à circulação de ar externo, evitando dessa maneira que a volatilização dos compostos envolvidos no processo seja preocupante.

Figura 7.2.2 – Layout da usina a ser implantada



Fonte: Autores, 2015

7.2.3 Do processo produtivo

Ainda que a proporção molar estequiométrica seja fixada, na produção industrial se usa valores maiores de reagente para assegurar o rendimento da reação. Este volume maior de reagente utilizado não implica em maiores custos, uma vez que o excesso volta para o início do processo por meio de uma corrente de recirculação. Assim para efeitos de cálculo do custo mensal dos reagentes, serão levadas em consideração as relações n° de mols óleo / n° de mols de álcool na proporção de 1:6 (COSTA et al, 2000). Dessa forma faz-se necessário conhecer a densidade média dos óleos residuais de fritura já estudados, para que a partir daí seja possível dimensionar a massa de reagente a ser adquirida.

Segundo Christoff (2006), analisando óleos do Paraná, a densidade média do ORF após passar por uma filtração simples, foi de 0,92 g/l. Dessa maneira, temos que a massa de ORF produzido mensalmente pelo 87 restaurantes seria de 11.690 kg de óleo e, passando este último valor para quantidade em mols, cuja Massa Molar (MM) = 874 g/mol, chegar-se-ia num valor de 13.376 mols. Desta forma, teríamos 80.252 moles de etanol. Conhecendo sua massa molar e densidade chega-se, finalmente na massa ou volume de reagente a ser adquirido. Sendo a densidade do álcool anidro igual 0,79 g/ml e massa molar igual a 46 gramas/mol, têm-se que serão utilizados como reagente 3.692 kg ou 4.674 litros.

Já o volume de catalisador a ser utilizado varia na literatura, pois depende diretamente do percentual de Ácidos Graxos Livres (AGL) no óleo a ser processado. Diante da impossibilidade de obtenção de amostras do óleo residual de qualquer um dos restaurantes da praça de alimentação do shopping-center, recorreu-se à literatura para estimar qual seria a quantidade de insumos necessários para geração de biodiesel no montante mensal de óleo residual de fritura produzido pelo SC. A determinação do índice de AGL acontece por meio da titulação do óleo residual e é importante seu conhecimento, pois um excesso de NaOH pode favorecer as reações de saponificação, enquanto que sua utilização aquém de um valor mínimo, além de comprometer o rendimento, influenciará no pH do biodiesel. A massa de

Hidróxido de Sódio utilizada encontra-se na faixa de 0,8% a 1,5% da massa de óleo a ser transformada (COSTA et al, 2000). Neste levantamento de custos, será utilizado o maior valor, para que se tenha uma previsão conservadora dos custos. Sendo a massa reacional de óleo ORF equivalente à 11.690 kg, temos que será necessário 176 kg de hidróxido de sódio.

O rendimento estimado de conversão de ORF em biodiesel para as condições reacionais apresentadas anteriormente é de 87% do valor, segundo dados consensuais da literatura. Desta forma, partindo do volume de 10.754 L de ORF ter-se-ia um volume esperado de 9.356 L de biodiesel. Além disso, há de se considerar no balanço mássico, e que não encontra-se explicitado na Tabela 7.2.3-1 que há um determinado volume de etanol na corrente de saída devido sua presença em excesso na reação. Essa parcela irá recircular e voltará a estar presente no tanque de reagente.

Tabela 7.2.3-1 - Dados físico-químicos dos insumos produtivos

	ORF	Etanol	Catalisador	Biodiesel	Glicerol
Massa Molar (g/mol)	874	46	40	270	92
Densidade (g/ml)	0,92	0,79	2,13	0,88	1,26
Massa Reacional (kg)	11.690	3.692	176	8234	1356
Volume Reacional (L)	10.754	4.674	83	9.356	1076

Fonte: Autores, 2015

De posse dos valores, torna-se possível a estimativa dos custos variáveis advindos do processo produtivo. Numa breve consulta a fornecedores desses materiais, tomou-se o valor médio. Vale ressaltar que existe uma discrepância na forma como estes produtos são ofertados no mercado, variando a concentração e o volume mínimo que o material é disponibilizado. Como o objetivo nesta etapa do projeto não é prever a operacionalização da usina, incluindo aí o gerenciamento dos estoques, o custo de cada insumo será apresentado por unidade mássica ou volumétrica.

8 Análise Financeira da instalação da usina

Um projeto como o de uma usina semi-industrial requer uma descrição detalhada das necessidades de alocação de recursos. Estes, têm duas destinações principais: o investimento inicial e os custos mensais.

Para a estimativa dos custos fixos e de partida da usina, foram feitos orçamentos com diferentes fornecedores de equipamentos, sempre com a premissa de capacidade de produção de biodiesel de 25.000 l/mês em regime de batelada, considerado neste valor duas bateladas diárias para uma operação de 25 dias/mês. Por motivos de oferta de matéria-prima, será adotada uma batelada diária. As cotações das usinas foram realizadas com empresas especializadas no setor de produção de biodiesel: Planeta Biodiesel, Ecirtec e BioPlanet.

8.1 Investimento

O investimento pode ser apresentado de maneira tangível, no caso em questão, como os equipamentos e as adequações que tenham sido feitas para receber a usina, além da aquisição de equipamentos de proteção individual e outras necessidades apresentadas na Tabela 8.1-1. Além disso, é considerada a existência prévia dos geradores a serem utilizados bem como os custos de manutenção e depreciação deste equipamento assumidos pelo SC

Tabela 8.1 - Capital Imobilizado

Item	Quantidade	Valor unit. (R\$)	Valor Total (R\$)
Usina	01	39.000,00	39.000,00
Bombonas de armaz.	100	15,00	1500,00
Extintores	05	140,00	700,00
Equip. Prot. Individual	02	70,00	140,00
Armário de ferro	01	600,00	600,00
Mesa metálica	01	900,00	900,00
TOTAL			42.840,00

Fonte: Autores, 2015

8.2 Custos Fixos e Variáveis Mensais

Os custos de operação da usina podem ser divididos em custos fixos e variáveis mensais. Estes recursos são intrínsecos à operação, produção e comercialização. Os custos fixos mensais (Tabela 8.2-1) são gastos que independem do nível de produção e estão presentes na contabilidade do processo produtivo na hora de normalizar o preço do biodiesel por litro produzido. Para esta planta, não será contabilizado o aluguel do espaço em que será instalada a usina de biodiesel, uma vez que ela estará localizada nas próprias dependências do SC. São previstos, segundo orientações dos fornecedores deste tipo de usina, a presença de dois funcionários na área de operação, sendo apenas eles os envolvidos no processo de produção de biodiesel. Já para os serviços e materiais de manutenção será alocado o equivalente à 2,0% do valor do capital imobilizado, também sob recomendação do fornecedor e por prática usual, uma vez que é oferecida garantia e assistência técnica pelos fornecedores dos equipamentos no ato da compra.

Tabela 8.2-1 - Custos fixos mensais

Item	Custo (R\$)	Valor Total (R\$)
Funcionários	2000,00	4.000,00
Aluguel espaço	0,00	0,00
Manutenção	2,0% Investimento	856,80
SUBTOTAL		4.856,00

Fonte: Autores, 2015

Os custos variáveis, por sua vez, são aqueles que oscilam proporcionalmente ao nível de produção da usina. No caso do biodiesel, tem-se que esses valores serão concernentes aos insumos produtivos: energia elétrica, reagentes e catalisadores. Os reagentes apresentam proporção conhecida e a energia elétrica será estimada com base no funcionamento da usina, uma vez que existe um processo de pré-aquecimento dos reagentes, tempo de detenção dentro do reator com este em funcionamento e a secagem do produto. Para

efeito de dimensionamento dos custos, foi utilizado como parâmetro de funcionamento, 25 dias de operação com uma batelada diária, já que é suficiente para o atendimento da demanda, com duração de oito horas e com processamento de 500 litros de ORF.

Tabela 8.2-2 - Custos variáveis mensais

Item	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Energia Elétrica	136 kWh	0,195 / kWh	26,52
Etanol anidro	4.674 L	1,735 / l	8.109,39
Hidróxido de Sódio	176 Kg	3,70 /kg	651,00
TOTAL			8.787,00

Fonte: Autores, 2015

O preço do etanol anidro a ser considerado é o apresentado pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Escola Superior e Agricultura “Luiz de Queiroz” (CEPEA/ESALQ), com base nos valores de 23 de outubro de 2015 para o Estado de São Paulo. Chama atenção o fato do valor do litro do etanol anidro apresentar uma oscilação significativa ao longo dos meses, a depender do câmbio.

Já o preço do hidróxido de sódio, foi realizado um levantamento junto à três fornecedores, sendo elencado o valor médio encontrado deste insumo. Esse valor é adotado sem maiores restrições, uma vez que o próprio produto apresenta forma de comercialização diversa, com diferentes concentrações e volumes.

No que compete ao custo variável devido ao consumo de energia elétrica (Tabela 8.2-3), que sua projeção pode ser baseada nas características nominais dos equipamentos elétricos e o tempo de operação previsto para cada um destes, já considerado seu funcionamento mensal, com 25 dias de utilização.

Tabela 8.2-3 - Consumo de energia elétrica mensal por processo produtivo.

Processo	Potência (W)	Tempo de Operação (horas /mês)	Consumo de Energia (kWh)
Filtração	750	12,50	9,4
Bombeamento	1500	6,25	9,4
Aquecimento	3750	18,75	70,3
Reator	1500	31,25	46,9
TOTAL			136

Fonte: Autores, 2015

Dos valores apresentados, nota-se claramente que aquele que compõem quase a totalidade do custo variável são os reagentes. Uma variação singela no valor de mercado do litro do etanol anidro impacta diretamente e de forma bem relevante no custo do litro do biodiesel produzido, sugerindo uma análise e um contraponto num segundo momento de como se daria o mesmíssimo processo e operação aqui proposto se ao invés de etanol anidro fosse utilizado metanol.

Assim o preço do biodiesel é tido como sendo o quociente entre o volume do biodiesel e o somatório dos custos fixos e variáveis mensais. Para as condições reacionais propostas neste trabalho, de se assegurar um maior rendimento da reação, se faz uso de reagente além das proporções molares, acarretando maior impacto nos custos. A busca pelo ponto ótimo entre rendimento e proporção do óleo e o reagente configuraria uma busca por melhoria de processo e redução de custos, implicando diretamente na atratividade do empreendimento.

8.3 Custo de Produção de Biodiesel

Da premissa de auto-produção de energia por parte do SC, segundo as características dos geradores relacionados na seção 6.3.1 que apresentam um consumo conjunto de 220 litros por hora, com geração indicada com potência de 900 kVA, ou 800 kW. Com um custo total de produção de R\$13.643,00 e um volume produzido de 9.356 litros de combustível, conclui-se que o custo para produzir um litro de biodiesel será de aproximadamente R\$ 1,46. Do consumo estimado, calcula-se que o custo de funcionamento por hora desse grupo

gerador, em termos de combustível, será de R\$ 401,25, o que equivale ao custo unitário do biodiesel produzido multiplicado pelo consumo horário. Este cálculo é realizado conhecendo o custo de produção de um litro de biodiesel e a capacidade de geração de energia do gerador por litro de combustível consumido. No entanto, o equivalente gerado por hora de funcionamento desses dois geradores, será o valor de sua potência, aplicado sobre o tempo de uso, no caso uma hora, totalizando 800 kWh.

Desta forma, conclui-se que o preço de autoprodução de energia será de 401,25 R\$/MWh, como está indicado além dos outros valores na Tabela 8.3.

Tabela 8.3 - Custo da energia elétrica a partir do biodiesel produzido

Potência (kW)	Consumo Biodiesel (l/h)	Custo produção Biodiesel (R\$/l)	Custo Energia (R\$/MWh)
800	220	1,46	401,25

8.4 Amortização de custos provenientes da comercialização de Glicerol

Na transesterificação do óleo residual em biodiesel o glicerol é gerado como subproduto. O qual possui uma diversa gama de aplicações. Uma vez refinada, ela pode ser utilizada na indústria farmacêutica, na indústria tabagista e até mesmo na confecção de explosivos e na indústria de produtos cosméticos.

O volume de glicerol bruto produzido na transesterificação oscila em torno de 8% a 12% do valor do volume de entrada do óleo vegetal residual. Além disso, seu preço médio de comercialização encontra-se ao redor de R\$ 0,60/litro. Neste exercício, será admitida uma produção de 10% de glicerol em relação ao volume aportado de óleo.

Sugere-se como opção à comercialização desse subproduto, a realização de um pós-tratamento e uso nas instalações do próprio shopping-center. Ressalta-se aqui que a partir do glicerol, é possível produzir sabão. Quando da aplicação desta sugestão, teríamos que parte dos custos relacionados aos produtos de limpeza seria amortizado, no entanto, para efeitos de contabilidade não será

levada em consideração. Sendo levada em conta apenas a possibilidade de venda do mesmo.

Tabela 8.4-1 – Produção e receita da venda mensal do glicerol

Item	Quantidade (L)	Valor unitário (R\$/L)	Valor Total (R\$)
Glicerol	1076	0,60	645,6

Fonte: Autores, 2015

8.5 Análise de viabilidade

Uma vez que o preço levantado como praticado no mercado livre de energia, na categoria de consumidores especial (Replace, 2015) foi de 195,00 R\$/MWh em 2015 e 213,00 R\$/MWh para o ano de 2016, a análise financeira não se justifica, pelo maior custo de produção via implementação de usina quando comparado ao preço praticado atualmente no mercado livre de energia.

Conforme analisado na sessão 6.4, o valor de cotação praticado para consumidores especiais oscilou muito no ano de 2015, chegando em alguns meses a ser superior a 400,00 R\$/MWh, podendo indicar que caso haja variação para cima, ou seja, uma elevação de preços à este patamar, possa viabilizar a instalação da usina.

Para que haja comparação entre o cenário atual e o cenário proposto, será feita a análise da adoção da medida. Ela é feita comparando-se o valor praticado no mercado livre de energia, para consumidores especiais, nos valores de 195 R\$/MWh e 213,00 R\$/MWh para os anos de 2015 e 2016 respectivamente, e o valor gasto para geração a partir do biodiesel, estimado em torno de 400 R\$/MWh.

Desta maneira, é calculada pela subtração do montante gasto atualmente na contratação, e dos valores gastos com a geração a partir dos geradores movidos à biodiesel. Assim, tem-se que o valor obtido é negativo, com valores de R\$ 205,00 para o ano de 2015 e negativa também para o ano de 2016, com valor de R\$ 187,00, referentes à unidade de MWh contratado.

Como há contratação de 3.355 MWh, sessão 6.4, o valor é exposto na Tabela 8.5, para os anos de 2015 e 2016. Deve ser evidenciado no entanto, que uma redução no custo de produção do biodiesel, seja por uma maior rendimento da reação, seja pelo uso otimizado do etanol anidro, e um incremento no custo da energia, o cenário de instalação da usina poderia tornar-se viável. O ponto de partida para que a usina tenha sua viabilidade avaliada é a equiparação do custo do megawatt gerado por litro de biodiesel e o preço praticado no mercado. Nessas condições, seriam analisadas algumas figuras de mérito econômico como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Payback.

O VPL é a diferença entre o valor investido e o valor resgatado ao fim do investimento, trazidos ao valor presente. Se for positivo, então o valor investido será recuperado e haverá um ganho. Se for negativo significa que o investidor estará resgatando um valor menor que o valor investido, então não se deve aplicar neste investimento (CASAROTTO FILHO, 1994).

A TIR, por sua vez, é a taxa que relaciona o valor investido com o valor resgatado ao fim do investimento. Ou seja, é a taxa necessária para trazer o valor final do investimento para o valor presente de modo que este seja igual ao valor investido (CASAROTTO FILHO, 1994).

Já o Payback, calcula o tempo entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento, sempre levando em consideração esses fluxos de entrada e saída ao longo do tempo para que os valores estejam atualizados e comparados na mesma data (LAPPONI, 2000)

Tabela 8.5 – Panorama comparativo do preço de energia

Ano	Preço Mercado Livre (R\$/MWh)	Preço de produção a partir dos geradores (R\$/MWh)	Energia consumida (MWh/Mês)	Retorno mensal (R\$)
2015	195	401,25	3.355	- 691.968,75
2016	213	401,25	3.355	- 631.578,75

Fonte: Autores, 2015

Uma sugestão para o aprofundamento desta etapa, seria a proposição de distintos cenários no qual, o shopping-center obteria diante do cenário energético nacional, uma condição satisfatória para a produção de energia. Essa avaliação, se basearia na definição de um Payback fixado, para que a partir dele, fosse conhecido o valor mensal que deveria ser amortizado do investimento. Uma vez conhecido este valor, e mantido os custos operacionais de produção do biodiesel, faz-se possível saber qual o valor da energia comercializada torna o investimento viável. Dentro dessa análise, diversos cenários podem ser propostos como variação do tempo de Payback com variação ou fixação do custo de produção. Vale reforçar, que com os valores atuais de comercialização de energia e do custo dos reagentes o investimento não é viável, no entanto, sob algumas condicionantes, este pode vir a ser.

9 Conclusões

Este trabalho se forja a partir do questionamento dos autores da maneira como se dá a disposição do óleo vegetal residual, após cursar disciplinas relacionadas ao assunto de gestão de resíduos sólidos, qualidade da água, tratamento de águas residuárias entre outras e se confrontar com a dinâmica deste resíduo quase que cotidianamente em restaurantes e lanchonetes. Além disso, ao longo do curso, diversas foram as vezes que assuntos relacionados à geração de energia foram pautados. Desta condição, surge a premissa de estudar o ORF e suas possíveis formas de reciclagem, seja para obtenção de um novo produto seja para geração de combustível, minimizando a geração de um resíduo, possibilitando a geração de renda e diminuindo a pressão sobre outros recursos não renováveis

A alimentação fora de casa, como apresentado nos capítulos iniciais é a grande responsável pela quase totalidade de geração de ORF, uma vez que, ainda que em grande parte dos domicílios se utilize óleo vegetal no processo de cocção de alimentos, os restaurantes, sejam eles convencionais ou fast-foods compõe quase a totalidade da geração. Assim, estabelecer a coleta e armazenagem do ORF gerado pelos diversos restaurantes pulverizados em uma dada região da cidade de São Paulo se impõe como um gargalo ao processo produtivo, uma vez que implica em custos de logística, e, para qualquer atividade que se pretenda viável economicamente, em se tratando de um processo tecnológico, a escala produtiva é algo essencial. Além do dispêndio de tempo e custos operacionais, deve ser levado em consideração o balanço energético desta atividade, uma vez que gasta-se combustível para adquirir matéria-prima para a produção de um outro combustível, quando do caso da produção de biodiesel.

Por essa razão, torna-se essencial o acúmulo do maior volume de material por unidade de tempo e com o menor custo possível, levando a se concluir objetivamente que a melhor área de atuação seria aquela que aglutinasse diversos restaurantes na menor área possível. Dessa maneira, se aventa realizar um estudo sobre um complexo comercial como os shopping-centers, já

que no caso do Shopping Eldorado por exemplo, na praça de alimentação estão presentes 87 restaurantes. Assim, o ponto de partida oficial de levantamento de dados deste trabalho, após a revisão bibliográfica da temática que envolve a geração de óleo vegetal residual bem como a questão energética, foi a quantificação do volume de óleo vegetal residual gerado pelo total dos restaurantes para que a partir de então pudesse ser elencada sugestões de ações com este material.

Vale ressaltar que, como evidenciado na parte inicial do presente trabalho, os restaurantes que apresentam alguma geração de resíduos têm a obrigatoriedade da lei de arcar com os custos de disposição, que se dá mediante a venda ou doação para cooperativas produtoras de sabão ou para organizações não-governamentais que produzem biodiesel.

Claro que o volume quantificado apresenta oscilação em torno de um número médio, devido a variação de comercialização por parte dos restaurantes, no entanto é um parâmetro significativo para uma estimativa preliminar. Em posse desses dados, e do custo de instalação e operação da usina, foi possível estipular o custo de produção por litro de biodiesel. Foi adotado como premissa a não necessidade de custeio de locação de imóvel para as atividades de produção de biodiesel uma vez que esta se daria nas dependências do próprio SC. Além disso, a principal premissa adotada e que pode ser ponderada num segundo momento, é o não pagamento aos restaurantes da parte do shopping pelo óleo vegetal residual: quando das entrevistas para o levantamento dos dados, foi dito pelos funcionários de alguns estabelecimentos que o preço cobrado pelo litro de ORF poderia chegar a R\$ 0,40/L,

Tendo em vista o panorama abordado no presente estudo, tem-se que a viabilidade da implantação de uma usina de biodiesel está intimamente ligada ao preço de energia pago pelo empreendimento em questão, o SC Eldorado, a análise financeira não se justificou devido aos baixos valores praticados no mercado livre de energia, sendo para o mês de setembro de 2015 195,00 R\$/MWh, enquanto o valor de energia proveniente da utilização de biodiesel nos geradores é de 401,25 R\$/MWh.

Desta maneira, como há indicada volatilidade nos preços praticados no mercado de energia (sessão 6.4), quando o preço praticado for superior ao preço de produção de energia a partir do biodiesel, pode haver viabilidade para instalação de usina de conversão do ORF em biodiesel para utilização como combustível nos grupos geradores do empreendimento.

Em vista da oscilação do preço para o ano de 2015, com queda do preço de quase pela metade, de 400 R\$/MWh no mês de maio para 195 R\$/MWh em setembro (Replace, 2015), é possível notar que a variação do preço pode ser grande em um curto espaço de tempo. Sendo assim, pode haver um aumento nos preços praticados, de maneira que viabilize a instalação de semi usina de transformação de ORF em biodiesel.

Além disso, há o componente de preços dos reagentes utilizados. Caso haja diminuição de seus custos de aquisição, o valor de produção do biodiesel pode ser menor, e dependendo da queda do preço dos insumos utilizados, o valor de produção de energia a partir de geradores movidos a biodiesel também pode se mostrar viável quando comparado aos valores praticados no mercado livre para consumidores especiais.

10 Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS. **Cadeias Produtivas de Oleaginosas e Biodiesel**. Estatística. Disponível em: <http://www.abiove.org.br/site/index.php?page=estatistica&area=NC0yLTE=> Acessado em 06 de abr de 2015.

ALMEIDA D.T.; ARAÚJO M.P.N.; FURTUNATO D.M.N.; SOUZA J.C.; MORAES, T.M.; **Revisão de literatura: aspectos gerais do processo de fritura de imersão**. Hig Alimentar. 2006; 20(138):42-7

ALVES, C. L. R; **O evangelho segundo o Mcdonald's. Um estudo sobre o processo de produção da fast-food**. PUC. São Paulo. 2006. 157 p.

ANEEL; **Micro e Minigeração Distribuída**. Cadernos Temáticos. Brasília. 2014. 32 p.

ANEEL. **Relatórios do Sistema de Apoio a Decisão: Consumidores, Consumo, Receita e Tarifa Média**. Região, Empresa e Classe de Consumo. 2015. Disponível em:

<https://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=550>

Acesso em 14 de abr. de 2014.

ARRUDA, P. V.; RODRIGUES, R. C. L. B.; ALMEIDA FELIPE, M. G.; **Glicerol: um Subproduto com Grande Capacidade Industrial e Metabólica**; Revista Analytica, nº 26, dezembro2006/janeiro2007.

AUTORIDADE MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA. Secretaria de Serviços. Prefeitura de São Paulo. **Cooperativas que recebem óleo usado**. Disponível em:http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/servicos/amlurb/coleta_s_eletiva/index.php?p=18139

Acessado em 19 mai. 2015.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO. **A infraestrutura urbana.** Disponível em:

http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro_setorial/setorial12.pdf

Acessado em 02 de jun de 2015.

BERRIOS, M.; SKELTON, R. L.; **Chem. Eng. J.** 2008, 144, 459; DA LUZ JR., G. E.; GUIMARÃES NETO, J. M.; MOITA NETO, J. M.; **Quim. Nova** 2005, 28, 535

BEZERRA, I. N.; SICHIERI, R. **Características e gastos com alimentação fora do domicílio.** Revista de Saúde Pública. 2010. 221-229 p.

BLUMBERG, D. F.. **Introduction to Management of Reverse Logistics and Closed Loop Supply Chain Processes**, Florida, Taylor & Francis, 2004.

BORTOLETTO, A. M.; SILVA, M. V.; **Óleo de fritura: Até quando usa-lo?** Grupo de Extensão para Segurança do Alimento. ESALQ-USP. 2009. 2 p.

BORTOLUZZI, O. R. S.; **A poluição dos solos e águas pelos resíduos de óleo de cozinha.** Formosa. Goiania. 2011. p 19-22.

BOSCOV. M. E. G.; **Geotecnia Ambiental.** Oficina de Textos. São Paulo. 2008. 248 p.

BRASIL. Presidencia da República. Casa Civil. **LEI Nº 11.445, DE 5 DE JANEIRO DE 2007.** Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm

Acessado em: 06 de jun de 2015

CAMARA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Projetos.** Disponível em:

<http://www.camara.sp.gov.br/blog/projeto-proibe-descarte-de-oleo-de-cozinha-na-rede-de-esgoto/>

Acessado em: 03 de mar. 2015

CCEE. **Relatório Individual de Medição**. Ano de referência: 2014. Relatórios. 2015. Disponível em <http://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/resultados?ano=2015&mes=Todos&tipo=Medi%C3%A7%C3%A3o&pag=1&sortField=xC_DATA&afrLoop=2976507440597955#%40%3Fpag%3D1%26_afrLoop%3D2976507440597955%26sortField%3DxC_DATA%26mes%3DTodos%26tipo%3DMedi%25C3%25A7%25C3%25A3o%26ano%3D2015%26adf.ctrl-state%3D6g7apx261_14>. Acessado em outubro de 2015.

CCEE. Conheça os agentes. 2015. Disponível em: <www.ccee.org.br>. Acessado em Novembro de 2015.

CETESB. **Ambientes Costeiros Contaminados por Óleo**. Procedimento de Limpeza. Manual de Orientação. CETESB. 2007. 120 p.

CETESB. **Fabricação de biocombustível (exceto álcool)**. Licenciamento. 2015. Disponível em:
<<http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/licenciamento-ambiental/34-fabricacao-de-biocombustivel>>
Acesso em 20 de mai. de 2015.

CETESB. **Licença Prévia ou Licença Prévia e de Instalação concomitantes**. Disponível em:
<http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/cetesb/lic_previa_solicitacao.asp>
Acesso em 20 de mai. De 2015.

COLLAÇO, J. H. L.; **Restaurantes de comida rápida, os fast-foods, em praças de alimentação de shopping centers: transformações no comer**. Revista Estudos Históricos, nº 33. Rio de Janeiro. 2004.

COSTA, A.E., **Purificação por adsorção de biodiesel etílico obtido por transesterificação de óleo residual de fritura**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC. (Qualificação para Doutorado em Engenharia Química). 2008.

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. 531-532 p. 2000.

DABDOUB, M. J.; **Programa de Coleta de Óleos de Fritura.** Projeto Biodiesel na Educação Ambiental. 2006.

DE PAULA, A. J. A.; KRUGEL, M.; MIRANDA, J. P.; ROSSI, L. F. S; COSTA NETO, P. R.; **Utilização de argilas para purificação do biodiesel.** Química Nova. Vol 34. No1. 91-95. 2011.

ELETROPAULO, AES. **Mini e Micro Geração.** Geradores de Energia. Padrões e Normas Técnicas. Disponível em:

<https://www.aeseletropaulo.com.br/padroes-e-normas-tecnicas/geradores-de-energia/conteudo/mini-e-micro-gera%C3%A7%C3%A3o>

Acesso em 23 de abr. de 2015.

ELETROPAULO, AES. **Horário de Ponta.** Sobre energia. Disponível em:

<https://www.aeseletropaulo.com.br/cliente-corporativo/sobre-energia/conteudo/horario-de-ponta>

Acessado em 20 de abr. de 2015.

GARCIA, R. W. D; **Práticas e comportamento alimentar no meio urbano: um estudo no centro da cidade de São Paulo.** Caderno de Saúde Pública. Rio de Janeiro. 1997. p 455-467.

GOLDEMBERG, J.,. **Energia para o desenvolvimento econômico.** TAQ, TA Queiroz Editor. 1988

GONÇALVES, P. **Gestão de Resíduos Sólidos: Conceitos, Experiências e Alternativas.** In: Seminário Cadeia Produtiva da Reciclagem e Legislação Cooperativista, , Juiz de Fora. MG. 2006.

HOCEVAR, L. **Biocombustível de óleos e gorduras residuais – a realidade do sonho**. Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel (2. : 2005 : Varginha, MG). Anais do II Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. Biodiesel: Combustível ecológico / editores Pedro Castro Neto, Antônio Carlos Fraga. -Lavras : UFLA, 2005. 988 p. : il

IBGE. **Pesquisa de Orçamentos Familiares**. p 64-65, 2008-2009.

IBGE. Cidades. São Paulo. Disponível em:

<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=355030&search=||infogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>

Acesso em 15 de mai. 2015.

IVANHOE, A. **Shopping Eldorado**. Disponível em:

<http://www.ancar.com.br/card/shopping-eldorado>

Acesso em 20 de mai. De 2015.

LEAL, D; **Crescimento da alimentação fora do domicílio**. Revista de Segurança Alimentar e Nutricional. Campinas. 2010. p 123-132.

LEITE, R. C. C.; LEAL, M. R. L. V.. O biocombustível no Brasil. **Novos estud. - CEBRAP**, São Paulo , n. 78, p. 15-21, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-33002007000200003&lng=en&nrm=iso

Acesso em: 21 de jun. de 2015.

MA, F., HANNA, M. **Biodiesel production: a review**. Bioresource Technology, v.70, p.1-15, 1999.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. INFORMMA. NOTÍCIAS. **Política de Resíduos Sólidos apresenta resultados em 4 anos**. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/informma/item/10272-pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos-apresenta-resultados-em-4-anos>

Acessado em: 28 de mai. de 2015

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Programas. Biodiesel. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/programa/historico>

Acessado em 16 de jun de 2015

MITTELBACH, M.; TRITTHART, P. **Diesel Fuel Derived from Vegetable Oils, III. Emission Test using Methyl Esters of Used Frying Oil**. Journal of the American Oil Chemists' Society, Vol. 65, n.7, pp. 1185–1187. 1988.

NOGUEIRA, LUIZ A.H.; **Does biodiesel make sense?** Energy. Oxford, v. 36. p 3659-3666, 2011.

OGERA, R.C.; PHILIPPI JUNIOR, A. **Gestão dos serviços de água e esgoto nos municípios de Campinas, Santo André, São José dos Campos e Santos, no período de 1996 a 2000**. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 10, n. 1, p. 72-81, 2005

PARENTE, E. J. S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza. 2003. 68 p.

PIVELI, R. P.; Problemas Especiais de Qualidade das Águas: Óleos e Graxas, Detergentes e Fenóis. Fascículo 12. In: PIVELI, R. P. ; KATO, M. T. **Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos**. São Paulo - ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2005. 285 p. Disponível em:

http://www.pha.poli.usp.br/default.aspx?id=53&link_uc=disciplina

Acesso em 25 mai. 2015.

Prefeitura de São Paulo. **PLANO DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS** Disponível em:

<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/arquivos/PGI RS-2014.pdf>

Ministério do Meio Ambiente .Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão de Resíduos Sólidos. **PLANOS MUNICIPAIS DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS**. Disponível em:

<http://sinir.gov.br/web/guest/2.5-planos-municipais-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos>

Acessado em 19 mai. 2015

. Ministério de Minas e Energia. **Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel**. Disponível em:

<http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/biodiesel/pnpb.html>.

Acesso em 20 mai. 2015.

REPLACE, Projetos e Consultoria em Energia.Ltda. **Mercado de Energia Elétrica**. São Paulo. Setembro de 2015.

ROGERS, D. S. e TIBBEN-LEMBKE, R.S.. **Going backwards: reverse logistics trends and practices**. University of Nevada. Reno. 1999

SALLES, F. S. F.; **Impacto ambiental causado pelo óleo vegetal**. UCM. Goiás. 2010. 36 p.

SANTOS JUNIOR, J. R.; SANTOS, J. A. V.; **Obtenção do Glicerol do Co-produto de Produção do Biodiesel**; Informativo CFQ, Ano XXXVI, Brasília – DF, janeiro/março de 2008

SCALIZE, P. S.; LEITE, W. C. A.; SOUZA, C. A. S.; **Problemas decorrentes da obstrução nas redes e ramais de esgotos sanitários**. Universidade Federal de Goiás. Encontro Nacional de Saneamento Básico. Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2010

SEBRAE. **Cartilha do Biodiesel**. SEBRAE. 2008. 68 p.

SEVERINO, M. M.; CAMARGO, I. M. T.; OLIVEIRA, M. A. G.; **Geração Distribuída: Discussão conceitual e nova definição**. Revista Brasileira de Energia, v 14. 2008. p 47-69.

STEINER, P. A. **Gestão de resíduos sólidos em centros comerciais do município de Curitiba – PR**. Curitiba. 2010.

VAN GERPEN, J; KNOTHE, G. Basics of the Transesterification Reaction. In: KNOTHE, G; VAN GERPEN, J; KRAHL, J. **The Biodiesel Handbook**. Illinois. 2005. p 34-49.

ZAGONEL, G. F.; **Obtenção e caracterização de biocombustíveis a partir da transesterificação etílica do óleo de soja**. Curitiba, nov. 2000. 70p. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Paraná (Setor de Ciências Exatas), 30 nov. 2000

11 Apêndices

11.1 Apêndice 1 – Formulário de Pesquisa no Shopping Eldorado

Restaurantes da Praça de Alimentação - 3º Piso					
Estabelecimento	Funcionário	Cargo	Quantidade de Óleo (l)	Intervalo de tempo (dias)	Já faz destinação? Qual destino?
Axé Brasil					
Baked Potato					
Big X Picanha					
Bob's					
Burger King					
Divino Fogao					
Emporio de Comidas					
Frutah!					
Galeto's Bar					
Giraffas					
Go Fresh					
Go Natural					
Griletto					
H3 - New Hamburgology					
Jin Jin Wok					
KFC					
Mc Donald's					
Montana Express					
Na Brasa					
Nokyro Light					
Pastine Veloce					
Patroni Pizza					
Pizza Hut					
Premiatto					
Rock & Ribs					
Salad Creation					
Seletti					
Spoletto					
Spremuto					
Subway					
Taiyang Cozinha Chinesa					
Viena Express					
Vivenda do Camarão					

11.2 Apêndice 2 - FORMULÁRIO DE PESQUISA NO SHOPPING ELDORADO

Outros							
Estabelecimento	Tipo	Piso	Funcionário	Cargo	Quantidade de Óleo (l)	Intervalo de tempo (dias)	Já faz destinação? Qual destino?
Café do Ponto	Quiosque	1					
Kopenhagem	Café	1					
Los Paleteros	Quiosque	1					
Mr Pretzels	Quiosque	1					
Starbucks Coffee	Café	1					
Cheesecakeria	Quiosque	2					
Creperia Paulista	Quiosque	2					
Mr Beer	Quiosque	2					
Rei do Mate	Restaurante	2					
The Brownie Shop	Quiosque	2					
Doog	Quiosque	3					
Fini	Quiosque	3					
Quiosque Chopp Brahma	Quiosque	3					
Café Floresta	Café	15					
Blenz Café	Café	25					
Tostex	Restaurante	25					
Bacio di Latte	Loja	T					
Cacau Show	Loja	T					
Casa do Pão de Queijo	Restaurante	T					
Chocolate Brasil Cacau	Loja	T					
Dauper Biscoiteria	Loja	T					
Havana	Quiosque	T					
Lindt	Loja	T					
Mundo Verde	Loja	T					
Nutty Bavarian	Quiosque	T					
Ofner	Café	T					
Starbucks Coffee	Café	T					

12 Anexos

12.1 ANEXO 1

Relação de empreendimentos autorizados para produção de Biodiesel pela ANP no período de 2005 a 2008											
capacidade autorizada e produção por empresa no período											
Nº	Empreendimentos	Município	Estado	Região	Capacidade Autorizada (m³/dia)	*Capacidade Anual Estimada (m³/ano)	Produção ⁽³⁾ anos				
							Nota	2005	2006	2007	2008
1	Adm	Rondonópolis	MT	CO	565	169.500		-	-	-	82.175
2	Agrenco	Alto Araguaia	MT	CO	660	198.000		-	-	-	2.045
3	Agropalma	Belém	PA	NO	80	24.000		510	2.421	3.717	1.412
4	Agrosoja	Sorriso	MT	CO	80	24.000		-	-	35	-
5	Amazonbio	Ji Paraná	RO	NO	45	13.500		-	-	-	-
6	Ambra	Varginha	MG	SE	2,4	720		-	-	-	-
7	Araguassú	Porto Alegre do Norte	MT	CO	100	30.000		-	-	66	2
8	Barralcool	Barra do Bugres	MT	CO	166,7	50.010		-	-	10.840	8.092
9	Big Frango	Rolândia	PR	SU	40 (2)	12.000		-	-	-	5
10	Binatural	Formosa	GO	CO	84	25.200		-	1.118	-	-
11	Bio Óleo	Cuiabá	MT	CO	10	3.000		-	-	-	-
12	Biocamp	Campo Verde	MT	CO	154	46.200		-	-	-	3.419
13	Biocapital	Charqueada	SP	SE	824	247.126	1	-	454	30.892	31.650
14	Biocar	Dourados	MS	CO	30	9.000		-	-	-	-
15	Biolix	Rolândia	PR	SU	30	9.000		26	100	12	-
16	Biominas	Araxá	MG	SE	30	9.000		-	-	-	-
17	Bionorte	São Miguel do Araguaia	GO	CO	94,7	28.410		-	-	-	-
18	Biopar Parecis	Nova Marilândia	MT	CO	36	7.000	1	-	-	-	-

Fonte: SEBRAE, 2008

12.2 ANEXO 2

Relação de empreendimentos autorizados para produção de Biodiesel pela ANP - no período de 2005 a 2008											
capacidade autorizada e produção por empresa no período											
Nº	Empreendimentos	Município	Estado	Tipo de Atividade	Capaci- dade Autori- zada (m³/dia)	*Capaci- dade Anual Estimada (m³/ano)	Produção (a) anos				
							Nota	2005	2006	2007	2008
19	Biopar	Rolândia	PR	SU	120	36.000		-	-	-	800
20	Biorins	Paraíso do Tocantins	TO	NO	27	8.100		-	-	-	343
21	Bioverde	Taubaté	SP	SE	267,44	80.232		-	-	247	7.740
22	Bracol	Lins	SP	SE	333	99.900		-	-	1.166	28.034
23	Brasil Ecodiesel	Crato	CE	NE	360	108.000		-	1.954	47.276	13.024
24	Brasil Ecodiesel	Floriano	PI	NE	270	81.000		156	28.604	30.474	4.334
25	Brasil Ecodiesel	Iraquara	BA	NE	360	108.000		-	4.210	66.321	24.357
26	Brasil Ecodiesel	Ponto Nacional	TO	NO	360	108.000		-	-	22.773	10.302
27	Brasil Ecodiesel	Rosário do Sul	RS	SU	360	108.000		-	-	21.557	23.904
28	Brasil Ecodiesel	São Luís	MA	NE	360	108.000		-	-	23.509	22.549
29	Bsbios	Passo Fundo	RS	SU	345	103.500		-	-	13.369	38.890
30	Caibense	Rondonópolis	MT	CO	15	4.500		-	-	-	-
31	Caramuru	São Simão	GO	CO	375	112.500		-	-	42.692	60.505
32	Cesbra	Volta Redonda	RJ	SE	60	18.000		-	-	-	-
33	CLV	Colider	MT	CO	100	30.000		-	-	-	-
34	Comanche	Simões Filho	BA	NE	335	100.500		-	28	5.454	9.345
35	Comandoli	Rondonópolis	MT	CO	10	3.000		-	-	-	-
36	Cooami	Sorriso	MT	CO	10	3.000		-	-	233	15
37	Coomisa	Saperaí	MT	CO	12	3.600		-	-	-	10
38	Cooperbio	Lucas do Rio Verde	MT	CO	10	3.000		-	-	954	153
39	Cooperfelig	Feliz Natal	MT	CO	10	2.000	1	-	-	-	227
40	Dhaymers	Taboão da Serra	SP	SE	26	7.800		-	-	-	-
41	DVH	Taiândia	PA	NO	35	10.500		-	-	-	-
42	Fertibom	Catanduva	SP	SE	140	42.000		-	362	4.546	2.721
43	Fiagril	Lucas do Rio Verde	MT	CO	410	122.988		-	-	-	36.549
44	Frigol	Lençóis Paulista	SP	SE	40	12.000		-	-	35	-
45	Fusermann	Barbacena	MG	SE	30	9.000		-	-	-	-
46	Granol	Anápolis	GO	CO	407	122.100		-	10.108	67.946	74.620

Fonte: SEBRAE, 2008

12.3 ANEXO 3

Relação de empreendimentos autorizados para produção de Biodiesel pela ANP - no período de 2005 a 2008											
capacidade autorizada e produção por empresa no período											
Nº	Empreendimentos	Município	Estado	Região	Capacidade Autorizada (m³/dia)	*Capacidade Anual Estimada (m³/ano)	Produção ⁽⁸⁾ anos				
							Nota	2005	2006	2007	2008
47	Granol	Cachoeira do Sul	RS	SU	409	122.700		-	-	-	30.533
48	Granol	Campinas	SP	SE	300	90.000		-	20.435	-	-
49	Innovatti	Mairinque	SP	SE	30	6.740	1	-	-	-	-
50	KGB	Sinop	MT	CO	5	1.500		-	-	-	-
51	Nutec	Fortaleza	CE	NE	2,4	720		-	2	-	-
52	Oleoplan	Veranópolis	RS	SU	660	198.000		-	-	7.770	39.827
53	Duro Verde	Rolim de Moura	RO	NO	17	5.100		-	-	99	91
54	Petrobrás	Candeias	BA	NE	157	47.100		-	-	-	-
55	Petrobrás	Quixadá	CE	NE	157	47.100		-	-	-	-
56	Renobrás	Dom Aquino	MT	CO	20	6.000		-	13	-	-
57	Soyminas	Cássia	MG	SE	40	12.000		44	311	138	-
58	Sul	Rondonópolis	MT	CO	30	1.500	1	-	-	-	-
59	Tauá	Nova Mutum	MT	CO	100	30.000		-	-	-	-
60	Usibio	Sinop	MT	CO	20	6.000		-	-	34	-
61	Vermoehlen	Rondonópolis	MT	CO	5 (1)	1.500		-	-	-	-
	Total					3.036.846		736	70.120	402.155	557.673

*300 dias de operação

Nota: ⁽¹⁾ Capacidade limitada de acordo com licença ambiental de operação vigente.

Nota: ⁽⁸⁾ Aguardando autorização para comercialização.

Nota: ⁽⁸⁾ Produção de biodiesel (B100) por produtor – dados de produção de 2008 computados até julho de 2008.

Fonte: SEBRAE, 2008