

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Antonio Luiz Fantinel

**ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL EM PEQUENA UNIDADE  
DE PROCESSAMENTO EMPREGANDO ÓLEOS RESIDUAIS COMO  
MATÉRIA-PRIMA**

Santa Maria, RS  
2016

**Antonio Luiz Fantinel**

**ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL EM PEQUENA UNIDADE DE  
PROCESSAMENTO EMPREGANDO ÓLEOS RESIDUAIS COMO MATÉRIA-  
PRIMA**

Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção PPGEP da Universidade Federal de Santa Maria, como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção**.

Orientador: Professor Dr. Sergio Luiz Jahn

Santa Maria, RS  
2016

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Fantinel, Antonio Luiz

Análise da produção de biodiesel em pequena unidade de processamento empregando óleos residuais como matéria-prima / Antonio Luiz Fantinel.-2016.

99 f.; 30cm

Orientador: Sergio Luiz Jahn

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, RS, 2016

1. Biodiesel 2. Óleos e Gorduras Residuais 3. Custo Baseado em Atividade 4. Sustentabilidade 5. Produção I. Jahn, Sergio Luiz II. Título.

---

© 2016

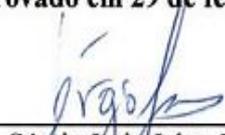
Todos os direitos autorais reservados à Antonio Luiz Fantinel. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor. Endereço: Isidoro Grassi, 23, RS, CEP: 97060-310 Fone: (055) 55 92066184; E-mail: toni.agronegocio.ufsm@gmail.com.

**Antonio Luiz Fantinel**

**ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL EM PEQUENA UNIDADE DE  
PROCESSAMENTO EMPREGANDO ÓLEOS RESIDUAIS COMO  
MATÉRIA-PRIMA**

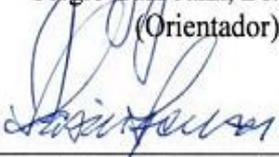
Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção PPGEP da Universidade Federal de Santa Maria, como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção**.

**Aprovado em 29 de fevereiro de 2016**



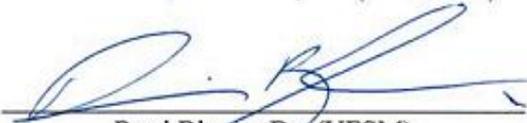
---

Sérgio Luiz Jahn, Dr. (UFSM)  
(Orientador)



---

Lasier Gorziza De Souza, Dr. (INISINOS)



---

Roni Blume, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS  
2016

## **DEDICATÓRIA**

À Deus, minha família, amigos, colegas de trabalho e orientador pelo apoio, força, incentivo, companheirismo e amizade. Sem eles nada disso seria possível.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me oportunizado a realização de mais uma conquista, ao qual me deu forças e oportunidades para correr atrás de meu sonho.

Agradeço a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, em especial:

- ao meu orientador, Prof. Dr. Sérgio Jahn, por ter-me recebido como seu orientado, mesmo sabendo de minhas dificuldades sempre esteve disponível e disposto a ajudar, sendo fundamental para a realização deste trabalho. Nestes dois anos foi iniciamos uma grande amizade que levarei para a vida toda. Muito obrigado Mestre;

- aos professores, Cícero e Helena Nogueira pela amizade durante estes nove anos de Colégio Politécnico, sempre estando presentes contribuindo para o meu crescimento profissional e social, sendo exemplos a serem seguidos;

- aos meus pais Arno e Iselete Fantinel, minha nona Corandina e minhas irmãs Anacler e Angela Fantinel, e a meu cunhado André pela confiança, estímulo e valorização do meu trabalho;

- à minha namorada Yesica por ser tão importante na minha vida. Sempre a meu lado, me pondo para cima e me fazendo acreditar que posso mais do que imagino. Devido a seu companheirismo, amizade, paciência, compreensão, apoio, alegria e amor, este trabalho pôde ser concretizado. Obrigada por ter feito do meu sonho o nosso sonho;

- aos professores Hércules Nogueira Filho e Roni Blume, Fabiana e demais professores e funcionários do Colégio Politécnico da UFSM pelo auxílio no desenvolvimento do projeto de dissertação e demais atividades. Meu muito obrigado;

- aos meus amigos, pelos momentos divididos juntos, especialmente à Tânia, Rafael, Lorenzo, Gustavo, Erani, Cleomar, Patricia e Fernanda, que se tornaram verdadeiros amigos e tornaram mais leve meu trabalho. Obrigado por dividir comigo as angústias e alegrias e ouvirem minhas bobagens. Foi bom poder contar com vocês;

- ao departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos em especial ao professor Roger Wagner e à mestranda Raquel Vendruscolo pela dedicação e colaboração durante a realização das análises de biodiesel.

- ao Colégio Politécnico da UFSM, e seus funcionários, pelo apoio no desenvolvimento dos trabalhos da dissertação.

- aos funcionários e professores do Curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção, pela disponibilidade, simpatia e gentileza. Obrigada pela ajuda.

Viver!  
E não ter a vergonha  
De ser feliz  
Cantar e cantar e cantar  
A beleza de ser  
Um eterno aprendiz...

(Gonzaguinha)

## RESUMO

### ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL EM PEQUENA UNIDADE DE PROCESSAMENTO EMPREGANDO ÓLEOS RESIDUAIS COMO MATÉRIA-PRIMA

AUTOR: Antonio Luiz Fantinel  
ORIENTADOR: Sérgio Luiz Jahn, Dr.

O biodiesel é classificado como combustível biodegradável derivado de fontes renováveis como óleos vegetais puros ou não e também gorduras animais, na presença de um álcool (metano/álcool) e catalisador (base, ácido ou enzima), através do processo de transesterificação. Entre as diversas matérias-primas de triglicérido utilizadas na produção de biodiesel, pouco se tem dado atenção ao óleo residual (OGR) oriundo do descarte doméstico e industrial após sua utilização em processos de cozimento dos alimentos. No entanto, evidenciam-se ganhos técnicos, econômicos e ambientais com a utilização deste resíduo para produção de biodiesel, diminuindo consideravelmente os custos de matéria-prima, que até então, representam praticamente 80% do custo total de produção quando utilizado óleo de soja, tornando-se inviável economicamente para pequenas unidades produtoras de biodiesel. Destas observações emergiu o objetivo desta pesquisa, que tem por finalidade avaliar a viabilidade econômica e ambiental da produção de biodiesel em uma pequena unidade industrial, empregando óleos e gorduras residuais (OGR) como matéria-prima. Para sustentação desta averiguação, foi realizada uma pesquisa de campo em uma pequena unidade de produção de biodiesel instalada no parque de exposições da Associação dos Fumicultores do Brasil - AFUBRA para produção de biodiesel. Como ferramenta para determinação econômica utilizou-se a metodologia Custeio Baseado em Atividades (ABC). Com o processamento foi possível constatar que a pequena unidade de produção de biodiesel apresentou rendimento de 97,6% em massa, sendo produzidos 612 litros do biocombustível com taxa de conversão em ésteres de 99% para Razão Molar Metanol/Óleo de 4:1 e 3% de Metilato de Sódio como catalisador. Sob o ponto vista econômico, o custo final de produção de um litro de biodiesel, sem impostos, ficou em R\$ 0,82 (oitenta e dois centavos de real) dos quais 46,8% corresponde a contribuição do processamento e 43,2% com aquisição de matéria prima. Através da metodologia ABC constatou-se que dentre as seis atividades do processo a que mais consome recursos é a de transesterificação, seguida pela preparação da matéria prima, purificação. Já a atividade com menor representatividade no custo de processamento para produção de biodiesel foi o aquecimento da matéria prima. Entre os benefícios ambientais com a implantação e funcionamento das pequenas unidades de produção cita-se a não utilização de água potável para a etapa de purificação da corrente de biodiesel, e a reutilização desse resíduo altamente poluidor, evitando-se a contaminação de rios, lagos e a obstrução de redes de esgoto. Tais iniciativas corroboram com o desenvolvimento de novas alternativas ligadas à economia renovável, buscando transformar a insustentabilidade em sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Biodiesel. Óleos e Gorduras Residuais. Custo Baseado em Atividade. Sustentabilidade. Produção.

## ABSTRACT

### ECONOMIC ANALYSIS OF PRODUCTION OF BIODIESEL IN SMALL PROCESSING UNIT EMPLOYING RESIDUAL OILS AS RAW MATERIAL

AUTHOR: ANTONIO LUIZ FANTINEL

ADVISOR: SERGIO LUIZ JAHN, Dr.

Biodiesel is classified biodegradable fuel derived from renewable sources such as vegetable oils, pure or not and animal fats, in the presence of an alcohol (methane/alcohol) and catalyst (base, acid or enzyme), through the process of Transesterification. Between the various raw materials of triglyceride used in biodiesel production, little has given attention to the residual oil (OGR) from domestic and industrial disposal after its use in cooking food processes. However, show gains, economic and environmental technicians with the use of biodiesel production residue, reducing considerably the costs of raw materials, which represent almost 80% of the total cost of production when used soybean oil, making himself impossible economically for small biodiesel production units. These observations emerged from the purpose of this research, which aims to assess the economic and environmental viability of biodiesel production in a small industrial unit, employing residual oils and fats (OGR) as raw material. For support of this investigation, a field research in a small biodiesel production unit installed in the Park of exhibitions of the tobacco growers Association of Brazil-AFUBRA for biodiesel production. As a tool for determining, the methodology used economic activity-based costing (ABC). With processing has been found that the small biodiesel production unit presented 97.6% yield, being produced 612 liters of biofuel with conversion rate at 99% esters for Molar ration Methanol/oil 4:1 and 3% of sodium Methoxide as catalyst. Under the economic point of view, the final cost of a liter of biodiesel production, without taxes, was 0.82 R\$ (82 cents) of whom 46.8% corresponds to the contribution of the processing and 43.2% with purchase of raw material. Through the ABC methodology it was noted that one of the six activities the process consumes resources is Transesterification, followed by preparation of raw materials, purification. Already the activity with less representation on the cost of processing for biodiesel production was heating the raw material. Between these environmental benefits with the implementation and operation of small production units quotes not to use drinking water to step current purification of biodiesel, and the reuse of this highly polluting waste, thus avoiding the contamination of rivers, lakes and the blocking of sewer networks. Such initiatives support the development of new alternatives linked to the renewable economy, seeking to transform the unsustainability in sustainability.

**Keywords:** Biodiesel. Waste oils and fats. Activity-based Cost. Sustainability. Production.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 -	Demanda energética nos transportes (ano base 2014). .....	21
Figura 2.2 -	Produção Brasileira de B100 metro cúbico (m <sup>3</sup> ), 2005-2015. ....	25
Figura 2.3 -	Produção de biodiesel por matéria-prima (%). .....	26
Figura 2.4 -	Formação dos Triglicerídeos.....	28
Figura 2.5 -	Fluxograma do Processo de Produção de Biodiesel. ....	33
Figura 2.6 -	Representação esquemática da transesterificação de triglicerídeos. ....	34
Figura 3.1 -	Fluxograma de atividades .....	46
Figura 4.1 -	Etapas de processamento de biodiesel utilizando OGR.....	50
Figura 4.2 -	Recebimento da matéria-prima OGR.....	51
Figura 4.3 -	Preparação da matéria-prima (OGR). ....	51
Figura 4.4 -	Tanque de medida e aquecimento da matéria-prima (OGR). ....	52
Figura 4.5 -	Reator de transesterificação. ....	53
Figura 4.6 -	Recuperação do Metanol.....	53
Figura 4.7 -	Decantação e separação das fases (Biodiesel e Glicerina).....	54
Figura 4.8 -	Torre de Polimento (Purificação).....	55
Figura 4.9 -	Tanque de estocagem e abastecimento (B100). ....	55
Figura 4.10 -	Diagrama de sequência temporal. ....	62
Figura 4.11 -	Payback em função do preço do litro do OGR. ....	77
Figura 4.12 -	Taxa Interna de Retorno em função do preço do litro do OGR.....	77
Figura 4.13 -	Valor Presente Líquido em função do preço do litro do OGR. ....	78

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 -	Produção de Biodiesel no mundo entre 2007-2012 (mil barris/dia).....	23
Tabela 2.2 -	Complexo da Soja: Balanço de Oferta/Demanda (1.000 t).....	27
Tabela 2.3 -	Perfil dos principais ácidos graxos do óleo de soja. ....	28
Tabela 4.1 -	Parâmetros relativos ao biodiesel.....	56
Tabela 4.2 -	Composição de ésteres metílicos de ácidos graxos do biodiesel de ORG. ....	57
Tabela 4.3 -	Composição típica do óleo de soja.....	57
Tabela 4.4 -	Tempo por atividade para processamento de 200 litros de óleo residual. ....	62
Tabela 4.5 -	Custos com o elemento de despesa mão de obra para três (3) bateladas. ....	63
Tabela 4.6 -	Custos com o elemento de despesa energia elétrica para três (3) bateladas. ....	65
Tabela 4.7 -	Custos com o elemento de despesa catalisador para três (3) bateladas. ....	65
Tabela 4.8 -	Custos com o elemento de despesa Resina para três (3) bateladas.....	66
Tabela 4.9 -	Custos com o elemento de despesa depreciação prédio para três (3) batelada. ....	67
Tabela 4.10 -	Custo e depreciação dos equipamentos.....	67
Tabela 4.11 -	Custo de investimento para produção de biodiesel.....	72
Tabela 4.12 -	Custos Fixos anuais.....	73
Tabela 4.13 -	Custos variáveis anuais utilizando OGR como matéria-prima. ....	74
Tabela 4.14 -	Custos variáveis anuais utilizando óleo de soja como matéria-prima. ....	74
Tabela 4.15 -	Custos variáveis anuais utilizando sebo bovino como matéria-prima. ....	74

## LISTRA DE QUADROS

Quadro 3.1 - Parâmetros estabelecidos pela ANP N° 45. ....	47
Quadro 4.1 - Reagentes e suas densidades. ....	58
Quadro 4.2 - Balanço de massa (Média de três bateladas).....	59
Quadro 4.3 - Capacidade total dos equipamentos da Usina Biodiesel AFUBRA.....	60
Quadro 4.4 - Identificação dos elementos de despesa para cada atividade.....	61
Quadro 4.5 - Unidade de medida dos elementos de despesa. ....	61
Quadro 4.6 - Especificações de cada equipamento da usina de biodiesel 1000 litros .....	65
Quadro 4.7 - Distribuição dos custos no processamento para três (3) batelada.....	69
Quadro 4.8 - Custo final de produção de 612 litros de biodiesel .....	71
Quadro 4.9 - Análise de investimento, TIR, VPL e Payback em função da matéria-prima ..	76
Quadro 4.10 - Viabilidade econômico-financeira em função da variação do preço do OGR..	77

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP	Agência Nacional do Petróleo
ASMAR	Associação dos Seleccionadores de Material Reciclado
ATREMAG	Associação Triagem Reciclagem Mato Grande
B100	Biodiesel
CODECA	Companhia de Desenvolvimento de Caxias do Sul
COOARLAS	Cooperativa de Reciclagem de Lixo Amigas Solidárias
COOPCAMATE	Cooperativa dos Catadores de Material Reciclável de Canoas Ltda
ABC	Custeio Baseado em Atividades
DMLU	Departamento Municipal de Limpeza Urbana
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
ECOLÓGICA	Ecológica-Coleta e Comércio de Óleos Vegetais Ltda
FGTS	Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
KOH	Hidróxido de potássio
NaOH	Hidróxido de sódio
M <sup>3</sup>	Metro cúbico
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
OGR	Óleos e Gorduras Residuais
PCP	Planejamento e Controle de Produção
PROÓLEO	Plano de Produção de Óleos Vegetais Para Fins Energéticos
PRÓ-BIODIESEL	Programa Brasileiro de Biodiesel
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel
PROÁLCOOL	Programa Nacional do Álcool
RECOÓLEO	Recóleo Coleta e Reciclagem de Óleo Vegetal
RKW	Método de Custeio por Absorção
INSS	Seguro Social
TIR	Taxa Interna de Retorno
UFMS	Universidade Federal de Santa Maria
VPL	Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.1	TEMA.....	16
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	16
1.3	PROBLEMA .....	17
1.4	OBJETIVOS.....	18
<b>1.4.1</b>	<b>Objetivo Geral</b> .....	18
<b>1.4.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b> .....	18
1.5	JUSTIFICATIVA.....	18
1.6	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	19
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	21
2.1	MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL.....	21
2.2	BIODIESEL .....	22
<b>2.2.1</b>	<b>Biodiesel no mundo</b> .....	23
<b>2.2.2</b>	<b>Produção brasileira de biodiesel</b> .....	24
2.3	MATÉRIAS-PRIMAS .....	26
<b>2.3.1</b>	<b>Composição dos ácidos graxos</b> .....	28
<b>2.3.2</b>	<b>Álcoois primários</b> .....	29
2.4	CATALISADORES .....	30
<b>2.4.1</b>	<b>Catalisadores básicos</b> .....	30
<b>2.4.2</b>	<b>Catalisadores ácidos</b> .....	31
<b>2.4.3</b>	<b>Enzimas</b> .....	31
2.5	ETAPAS DO PROCESSO INDUSTRIAL.....	32
<b>2.5.1</b>	<b>Preparação da matéria prima</b> .....	33
<b>2.5.2</b>	<b>Reação de transesterificação</b> .....	34
<b>2.5.3</b>	<b>Separação das fases</b> .....	35
<b>2.5.4</b>	<b>Recuperação do álcool</b> .....	35
<b>2.5.5</b>	<b>Purificação dos ésteres</b> .....	35
<b>2.5.6</b>	<b>Destilação da glicerina</b> .....	36
2.6	PARÂMETROS DO PROCESSO .....	36
<b>2.6.1</b>	<b>Teores de umidade e ácidos graxos livres</b> .....	37
<b>2.6.2</b>	<b>Proporção álcool/óleo</b> .....	37
<b>2.6.3</b>	<b>Temperatura e tempo de reação</b> .....	38
<b>2.6.4</b>	<b>Concentração de catalisador</b> .....	39
2.7	IMPORTÂNCIA DAS PEQUENAS UNIDADES DE PRODUÇÃO.....	40
2.8	ENTRAVES DA PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE B100.....	41
2.9	SISTEMAS DE CUSTEIO .....	41
<b>2.9.1</b>	<b>Custeio baseado em atividades (ABC)</b> .....	42
<b>2.9.2</b>	<b>Análise econômico-financeira</b> .....	43
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	45
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE PESQUISA.....	45
3.2	PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS DE COLETA DOS DADOS .....	45
<b>3.2.1</b>	<b>Fase I- Processo de produção do biodiesel</b> .....	46
<b>3.2.2</b>	<b>Fase II- Análise do custeio ABC</b> .....	49
<b>3.2.3</b>	<b>Fase III- Análise dos resultados</b> .....	49
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	50
4.1	ETAPAS DO PROCESSO EM UMA PEQUENA UNIDADE INDUSTRIAL.....	50
4.2	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA .....	56
4.3	DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO .....	58

4.4	DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS DE PROCESSAMENTO.....	60
4.5	DETERMINAÇÃO DO CUSTO TOTAL DE PRODUÇÃO.....	70
4.6	ANÁLISE DE DE INVESTIMENTO .....	72
<b>4.6.1</b>	<b>Custo de investimento .....</b>	<b>72</b>
<b>4.6.2</b>	<b>Custos de Produção .....</b>	<b>73</b>
<b>4.6.3</b>	<b>Análise econômico-financeira.....</b>	<b>75</b>
<b>4.6.4</b>	<b>Análise de cenários .....</b>	<b>76</b>
4.7	ANÁLISE AMBIENTAL .....	79
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>81</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>83</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>85</b>
	<b>APÊNDICE A- BALANÇO DE MASSA DAS TRÊS BATELADAS .....</b>	<b>96</b>
	<b>APÊNDICE B- PRODUÇÃO DE B100 COM OGR.....</b>	<b>97</b>
	<b>APÊNDICE C- PRODUÇÃO DE B100 COM ÓLEO DE SOJA .....</b>	<b>98</b>
	<b>APÊNDICE D- PRODUÇÃO DE B100 COM SEBO BOVINO.....</b>	<b>99</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O crescente desenvolvimento social, tecnológico e o aumento populacional a nível mundial, sempre esteve atrelado à utilização da energia, como foi nos períodos pré-históricos, onde as principais fontes geradoras de energia eram a biomassa, tração animal e humano, bem como os ventos e a água (STRAPASSON, 2004). Nos dias atuais a geração e utilização de energia não são diferentes em termos de importância para o desenvolvimento da sociedade como um todo (GOLDEMBERG, 1998).

Com o passar do tempo foram surgindo novas fontes energéticas, na grande maioria não renováveis, como o uso do carvão e petróleo. O uso do carvão mineral teve seu ápice durante a revolução industrial no século XVIII, proporcionando um intenso crescimento industrial à época. Contudo, perdeu espaço na matriz energética mundial para o petróleo e gás natural, com o desenvolvimento dos motores a explosão (STRAPASSON, 2004). Mais tarde na década de 80, com a elevação dos preços do petróleo devido às fortes crises, muitos países reduziram sua dependência ao combustível fóssil, passando a utilizar, o gás natural e a energia nuclear e novamente o carvão. No entanto, nas últimas décadas, o mundo tem se confrontado novamente com constantes crises energéticas, devido a diminuição dos recursos fósseis, restrições ambientais, e elevação dos preços do petróleo (CORONADO et al., 2009; SINGH; DIPTI; SINGH, 2010).

No Brasil, assim como nos demais países, vêm surgindo novas fontes geradoras de energia, entre estas os chamados biocombustíveis ou combustíveis renováveis oriundos da biomassa. Esses biocombustíveis surgem tendo como objetivo a substituição ao uso de fontes não renováveis (diesel, gasolina e carvão) na geração energética (MATSUMOTO et al., 2009; TSAI, 2009; BECKER; MOSELEY; LEE, 2011).

A biomassa para geração energética vem ganhando importância na matriz energética mundial, por não aumentar os níveis de CO<sub>2</sub> na atmosfera durante o processo de combustão, permitindo que se estabeleça um ciclo fechado de carbono (CO<sub>2</sub>) (LIMA, 2005; VIEIRA, 2014), tendo-se um balanço de massa global nulo, ou seja, sua combustão não aumenta a quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera, não agravando o efeito estufa (SANTOS, 2010; FERREIRA, et al., 2014), sendo proveniente de qualquer matéria de plantas, que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica (MELLO, 2001; ANEEL, 2008).

Para Hammond et al. (2008), os biocombustíveis possuem características físicas semelhantes aos combustíveis minerais, mas diferem por serem produzidos a partir de biomassa quimicamente processada, sendo descrito como carbono neutro. Nesse sentido se

identifica a importância do uso destas alternativas energéticas como opção para solucionar problemas econômicos e ambientais.

Entre os biocombustíveis produzidos no Brasil está o biodiesel, sendo produzido através do processo de transesterificação de óleos vegetais, como soja, girassol, canola, etc., utilizando metanol e hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de potássio (KOH) como catalisador (MEHER; SAGAR; NAIK, 2006). Porém, vêm surgindo cada vez mais, trabalhos utilizando óleos e gorduras residuais como matéria-prima (LEUNG, GUO, 2006; SIMAS, 2008; PREDOJEVIC, 2008; ALVARENGA; SOARES, 2010; ARAÚJO; ALMEIDA; SILVA, 2013; GUIMARÃES et al., 2014).

Na cadeia de produção de óleos vegetais, pouco se tem dado atenção a esse resíduo, oriundo do último elo, isto é, do consumidor, sendo gerados diariamente e representando um potencial de oferta. Tais óleos têm origem em determinadas indústrias de produção de alimentos, nos restaurantes comerciais e institucionais, e ainda, nas lanchonetes (PARENTE, 2003). Representando uma opção econômica para utilização na produção de biodiesel, em virtude da sua pronta disponibilidade e baixo custo (KULKARNI; DALAI, 2006).

Diante deste contexto, surgiu a motivação para a realização deste estudo, com a finalidade de analisarmos a viabilidade econômica e ambiental da produção de biodiesel em uma pequena unidade de produção.

## 1.1 TEMA

Avaliação econômica e ambiental da produção de biodiesel em uma pequena unidade industrial, empregando óleos e gorduras residuais (OGR) como matéria-prima.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Analisar aspectos relacionados à produção de biodiesel em uma pequena unidade de produção empregando óleos e gorduras residuais como matéria prima. No aspecto econômico foi determinado o custo total de produção empregando a metodologia de Custeio Baseado em Atividades (ABC), sendo quantificado o percentual de cada atividade do processamento e a contribuição de cada elemento de despesa. Com relação ao aspecto ambiental foi avaliado o impacto ambiental da implantação e funcionamento das pequenas unidades de produção de biodiesel

### 1.3 PROBLEMA

Em praticamente todos os estabelecimentos alimentícios e residências que utilizam óleos vegetais ou de origem animal, em processos de fritura no preparo de alimentos, quando aquecidos perdem suas características e acabam de alguma forma sendo contaminados, fazendo com que tenham que ser descartados periodicamente (RABELO; FERREIRA, 2008).

Em algumas grandes cidades do Rio Grande do Sul como Porto Alegre (Departamento Municipal de Limpeza Urbana - DMLU), Santa Maria (Associação dos Seleccionadores de Material Reciclado - ASMAR e Recóleo Coleta e Reciclagem de Óleo Vegetal - Recoóleo), Pelotas (Associação Triagem Reciclagem Mato Grande- ATREMAG e Cooperativa de Reciclagem de Lixo Amigas Solidárias - COOARLAS), Caxias do Sul (Companhia de Desenvolvimento de Caxias do Sul - CODECA), Canoas (Cooperativa dos Catadores de Material Reciclável de Canoas Ltda - COOPCAMATE), Gravataí (Ecológica-Coleta e Comércio de Óleos Vegetais Ltda - ECOLÓGICA) entre outras, existem sistemas de coleta, principalmente por empresas recicladoras, destinando esse óleo para produção de biodiesel e outros usos. No entanto, em municípios menores, em função das pequenas quantidades geradas e da grande distância das unidades produtoras de biodiesel, dificilmente será viável economicamente a coleta desse óleo residual, fazendo com que seja descartado no meio ambiente sem nenhum tratamento, poluindo rios e lagos, além de provocar entupimentos nas redes de esgoto.

Através da ampla revisão bibliográfica não foram encontrados trabalhos relacionados a determinação dos custos de produção de forma detalhada, utilizando a metodologia ABC para produção de biodiesel a partir de óleo e gorduras residuais (OGR) em pequenas unidades de processamento. Dentro desse contexto questiona-se: é viável ambiental e economicamente a produção de biodiesel em pequena unidade de produção empregando óleos e gorduras residuais (OGR) como matéria-prima?

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo geral

Avaliar a viabilidade econômica e ambiental da produção de biodiesel em uma pequena unidade industrial, empregando óleos e gorduras residuais (OGR) como matéria-prima.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- a) Analisar os rendimentos em ésteres e mássico utilizando OGR como matéria-prima em uma pequena unidade de produção;
- b) Determinar os custos associados a produção de biodiesel empregando a técnica contábil de Custeio Baseado em Atividades (*Activity Based Costing - ABC*);
- c) Realizar uma simulação de análise de investimento para determinação da viabilidade econômica da produção em pequena unidade de produção;
- d) Elencar possíveis benefícios ambientais com a implantação e funcionamento das pequenas unidades de produção de biodiesel;

## 1.5 JUSTIFICATIVA

É crescente a preocupação ambiental quanto ao destino dos óleos e gorduras residuais (OGR), oriundos do descarte do preparo de alimentos domiciliares ou de estabelecimentos alimentícios. A carência de informações e compreensão dos impactos possíveis nos recursos hídricos via contaminação direta, pela deposição incorreta na rede de esgoto doméstico ou pluvial, tem gerado um passivo ambiental crescente. Além desse passivo, o descarte inadequado também tem gerados custos de manutenção nas redes de tratamento de esgoto decorrentes da desobstrução destas vias e o encarecimento no processo de tratamento de água potável para a população (RIZZO et al., 2013; COELHO, 2010).

Segundo dados da ECÓLEO (2015), apenas um litro de óleo de fritura é capaz de contaminar 20 mil litros de água, provocando a formação de uma camada fina sobre a superfície em poucos dias, bloqueando a passagem de ar e luz, impedindo a respiração e a produção de fotossíntese.

O Brasil produz aproximadamente nove bilhões de litros de óleos vegetais ao ano, destes, 40 % é destinado a óleos comestíveis. O consumo *per capita* fica em torno de 20 litros por ano, resultando em três bilhões de litros de óleos por ano no país. No entanto, o montante coletado de óleos vegetais usado no Brasil é menor de 1%, que em números resulta em 6,5 milhões de litros de óleos usados. Restam mais de 200 milhões de litros por mês, que vão para os rios e lagos comprometendo o meio ambiente, constituindo-se no maior poluidor de águas doces e salgadas das regiões mais adensadas do Brasil (OIL WORLD, 2011).

Outro fator que justifica a realização deste trabalho é a evidência dos ganhos técnicos e econômicos que diminuem os custos de produção, mantendo o rendimento esperado, além dos possíveis benefícios ambientais associados à questão da sustentabilidade pela transesterificação desses resíduos (LEUNG; GUO, 2006; NETO et al., 2000; RIZZO et al., 2013; ARAÚJO; ALMEIDA; SILVA, 2013; GUIMARÃES et al., 2014). A preocupação com os custos de produção do biodiesel é tomada por alguns autores como o principal gargalo que dificulta o desempenho desta cadeia produtiva (ZHANG et al., 2003a; SHARMA; SINGH, 2009).

Outra questão importante que justifica a realização deste trabalho está na relevância acadêmica, devido à carência de trabalhos relacionados à determinação da viabilidade econômica de produção de biodiesel, em pequena escala de produção utilizando óleos e gorduras residuais como matéria-prima, contribuindo teoricamente para o tema e suas diferentes abordagens temáticas que buscam transformar a insustentabilidade em sustentabilidade.

Nesse contexto, o estudo proposto merece atenção especial, uma vez que tem potencial para gerar ganhos expressivos em termos acadêmico, socioambientais e econômicos voltados à produção de biodiesel em pequena escala de produção, podendo ser utilizado por autoridades para a tomada de decisão em elaborar ou não políticas públicas para solucionar esse problema.

## 1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Além desta seção, onde se estabeleceu a visão contextual da pesquisa e apresentou-se a motivação para realização do trabalho, sendo esta articulada pelos subitens: a) introdução da pesquisa; b) tema; c) problema de pesquisa; d) objetivos e a justificativa do trabalho.

Na segunda seção apresenta-se o embasamento teórico que fundamentou o trabalho, abordando temas como: a) matriz energética nacional; b) produção mundial e nacional de biodiesel; c) principais matérias-primas; d) etapas de produção; e) parâmetros de processo; f) entraves na produção de biodiesel; g) importância da produção em pequenas unidades, e por último apresenta-se o Sistema de Custeio Baseado em Atividades e sua metodologia para determinação dos custos para cada uma das etapas, de maneira a distribuí-los corretamente durante o processo.

Já a terceira seção, destina-se a apresentação da metodologia utilizada para atingir os objetivos propostos no projeto, expondo o detalhamento dos procedimentos metodológicos da pesquisa.

Na quarta seção apresentam-se os resultados com a realização da pesquisa, sendo esses divididos em: a) etapas do processo em uma pequena unidade industrial; b) caracterização físico-química; c) determinação do rendimento; d) custos de processamento, e) totais de produção e análise ambiental. Também nesta seção é apresentada uma análise de investimento sobre uma pequena unidade industrial modelo UB 1000 destinada a produção de biodiesel utilizando óleos e gorduras residuais (OGR) como matéria-prima para o município de Santa Maria, RS.

Na quinta seção aponta-se algumas considerações finais sobre a pequena unidade de produção: a) parâmetros técnicos; b) custo de produção; c) viabilidade econômica; d) limitações da pesquisa; e por fim trabalhos futuros.

Na sexta e última seção aponta-se alguns encaminhamentos sobre avaliação econômica e ambiental da produção de biodiesel em uma pequena unidade industrial, empregando óleos e gorduras residuais (OGR) como matéria-prima.

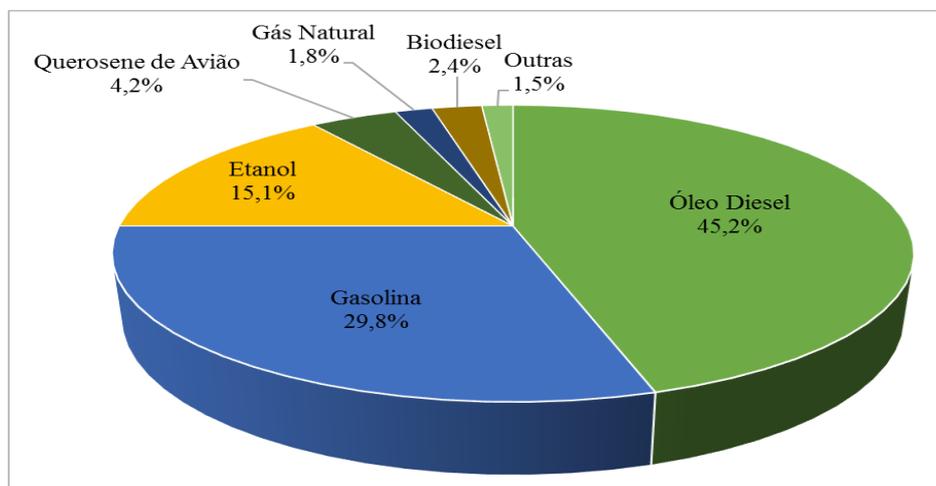
## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL

A matriz energética brasileira sempre foi exemplo para outros países pela sua geração energética sustentável, através de fontes renováveis com hidrelétricas, biomassa (etanol e biodiesel) e eólica (COSTA et al., 2010). No ano de 2014, de toda a energia produzida no Brasil, 39,4% foi originária de fontes renováveis, ocorrendo uma pequena redução devido à menor oferta de energia hidráulica. Isso ocorre, devido ao fato de o Brasil diversificar as suas fontes energéticas, dando importância para combustíveis renováveis como o etanol, biodiesel entre outros. Porém, o cenário nacional mostra ainda uma acentuada dependência dos combustíveis de origem fóssil (gasolina, diesel, gás natural e carvão) (61%) (EPE, 2015).

A oferta interna brasileira de energia está dividida em energia Hidráulica (11%), biomassa de cana (15%), lenha e carvão vegetal (8%), carvão mineral (5%), gás natural (13%), petróleo (39%), outros renováveis (4%), urânio (5%) e 1% para outras (EPE, 2015). Entre os setores, o transporte liderou o crescimento da demanda energética no ano 2014, responde assim por 32,5% do consumo final de energia, entre eles o maior demandante de biodiesel. Nesse setor o óleo diesel foi responsável por 45,2% da geração energética, seguido pela gasolina (29,8%), etanol (15,1%), querosene de aviação (4,2%), biodiesel (2,4%), gás natural (1,8%) e outras 1,5% (EPE, 2015) (Figura 2.1).

Figura 2.1 - Demanda energética nos transportes (ano base 2014)



Fonte: (EPE, 2015).

O biodiesel consumido pelos transportes representa 86% do produzido pelo país, sendo 97% absorvida pelo transporte rodoviário, devido adição feita ao diesel combustível, e 3% pelo transporte ferroviário. O restante (14%) foi destinado à agropecuária e indústria (EPE, 2015). Esta proporção demandada de biodiesel pelo setor de transporte deverá aumentar motivada pelo aumento da proporção adicionada ao diesel mineral (ANP, 2015).

## 2.2 BIODIESEL

O uso de óleo vegetal para geração de energia iniciou-se no ano de 1895, quando Dr. Rudolf Diesel testou, a pedido do presidente da França o seu motor por ignição a compressão utilizando óleo de amendoim como fonte energética (PUPPÁN, 2002). Porém, devido a disponibilidade e baixo custo do óleo mineral na época, o óleo vegetal não se tornou atrativo, sendo negligenciado como uma fonte de combustível.

No entanto, nos últimos anos, devido à escassez de petróleo, ameaça ao bem-estar da humanidade e as emissões de gases poluentes, óleo vegetal tem sido revisto como combustível para motores de ignição (SNARE et al., 2007; SHARMA; SINGH, 2009). Contudo, com passar dos anos, os motores, assim como o combustível sofreram aprimoramentos, dessa forma os óleos vegetais puros não podem mais ser usados como combustíveis, devido a sua alta densidade e viscosidade, em relação ao óleo diesel, provocando problemas nos bicos injetores do motor e também uma queima incompleta, levando à formação de coque nos motores, os quais podem sofrer sérios danos em médio e longo prazo (DEMIRBAS, 2005; MORAIS, 2010; GUERRA; FUCHS, 2010).

Dessa forma é necessário reduzir a viscosidade do óleo vegetal mediante processo químico, transformando o óleo vegetal em biodiesel (MORAIS, 2010), sendo classificado como combustível biodegradável derivado de fontes renováveis, como óleos vegetais puros ou não, e também gorduras animais. Pode ser obtido por diferentes processos tais como, craqueamento, esterificação ou transesterificação (SILVA; FREITAS, 2008). Corroborando com esta ideia, Castro (2009), defende que o biodiesel pode ser produzido a partir de óleos vegetais ou rejeitos gordurosos.

O artigo 6º da Lei nº 9.478, de 06 de agosto de 1997 (BRASIL, 1997), acrescido a Lei nº 11.097, de 2005, considera biodiesel como biocombustível proveniente de biomassas renováveis para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou

totalmente combustível de origem fóssil (BRASIL, 2005). Constituído por ésteres metílicos de óleos vegetais ou gorduras animais, pertencentes à classe de combustíveis ecológicos, devido à sua composição qualitativa (77% de carbono, 12% de hidrogênio, 11% de oxigênio, traços de Nitrogênio e enxofre) (ENCINAR et al., 2005).

### 2.2.1 Biodiesel no mundo

Pode-se verificar na Tabela 2.1, o crescimento mundial na produção de biodiesel de 2007 a 2012, sendo esse último período 241% superior ao primeiro ano de análise. Constatase que o continente Europeu é o principal produtor mundial de biodiesel com 40% da produção mundial no ano de 2012. No entanto, a participação desse continente diminui em relação aos anos anteriores, sobretudo pelo crescimento da produção dos países da América Central e do Sul, que no ano de 2007 tinham apenas 6% da produção mundial, passando para 24% do mercado em 2012 (103,8 mil barris/dia). Além do crescimento dos países da Ásia e da Oceania, que no ano de 2007 representavam apenas 6% da produção mundial de biodiesel, passando para 20% em 2012, com produção de 85,2 mil barris dia. Já a América do Norte após um declínio no ano de 2010 voltou a ser uma das grandes potências mundiais na produção de biodiesel no ano de 2012, respondendo por 16% da produção mundial com 67,7 mil barris/dia de biodiesel.

Tabela 2.1 - Produção de Biodiesel no mundo entre 2007-2012 (mil barris/dia)

<b>Continentes</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
Europa	122,4	150,7	172,9	183,2	181,3	170,9
América Central e do Sul	11,2	35,9	56,9	85,2	103,4	103,8
Ásia & Oceania	10,8	27,1	41,8	49,1	71,5	85,2
América do Norte	33,7	45,9	36,2	24,5	65,8	67,7
Outros	0,72	2,6	3,9	3,5	3,5	3,5
<b>Mundo</b>	<b>178,8</b>	<b>262,1</b>	<b>311,7</b>	<b>345,4</b>	<b>425,3</b>	<b>431,2</b>

Fonte: (EIA; *International Energy Statistics*, 2014).

A evolução da produção de biodiesel a nível mundial, surge da necessidade de substituição do diesel mineral, o qual é amplamente utilizado na geração energética e para solucionar problemas ambientais, elevação da temperatura e mudanças climáticas provocadas pela utilização de combustíveis fósseis (LIMA-FILHO et al., 2008).

### 2.2.2 Produção brasileira de biodiesel

No Brasil, o desenvolvimento tecnológico para produção de biodiesel iniciara-se na década de 70, através do Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (PROÓLEO), coordenado pelo Ministério da Agricultura. No entanto, não chegou a ser implementado, sendo substituído pelo Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL), que fracassou posteriormente por diversas razões, provocando o fim das atividades (CASTELLANELLI, 2008).

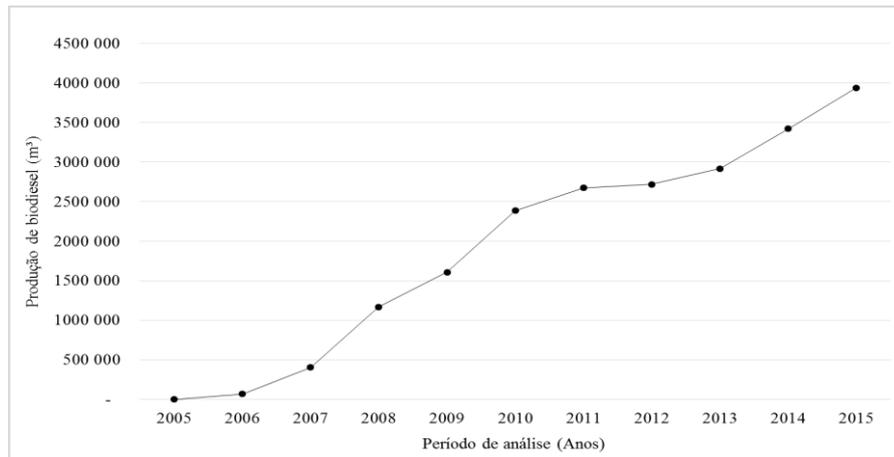
Com o passar dos anos o interesse pelo biodiesel voltou a crescer no cenário nacional, sobretudo pelo aumento da população, diminuição dos recursos fósseis, restrições ambientais, e elevação dos preços do petróleo, bem como crescimento da produção e consumo pelos países da Europa, sendo criado o Programa Brasileiro de Biodiesel (PRÓ-BIODIESEL), pela Portaria n. 720, de 30 de outubro de 2002 (BRASIL 200). Mais tarde, em 2004 foi criado o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), regulamentado pela Lei nº-11.097, de 2005 (BRASIL, 2005), definindo como prioridade a ampliação da produção e consumo em escala comercial de biodiesel, de forma sustentável, com a inclusão social e desenvolvimento regional, com a diversificação das matérias-primas e das regiões produtoras, visando gerar emprego e renda à população (MATTEI, 2010), bem como introduzir e sustentar o uso de energia renovável na matriz energética brasileira com a finalidade de reduzir a dependência nacional de petróleo e sua cadeia de fornecimento (VACCARO et al., 2010).

O biodiesel produzido após criação do programa (PNPB) passou a ser misturado ao diesel comercializado nacionalmente no ano 2006, sendo obrigatória a partir de 2008. Entre janeiro e junho de 2008, a mistura de biodiesel puro (B100) ao óleo diesel foi de 2%, entre julho de 2008 e junho de 2009 foi de 3% e entre julho e dezembro de 2009 foi de 4%. No ano de 2010 todo óleo diesel comercializado no país recebia a adição de 5% de biodiesel, conforme Resolução CNPE nº 6 de dezesseis de novembro de 2009 (ANP, 2014). No momento, conforme Lei 13.033/2014 vigente, o biodiesel passou a ser adicionado ao óleo diesel na proporção de 7% a partir de 1º de novembro de 2014 (BRASIL, 2014).

Verifica-se na Figura 2.2, que nos primeiros anos em que o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) foi criada, a produção nacional era irrisória com apenas 736 mil litros em 2005, passando para 69 milhões em 2006. Já no ano de 2010, após cinco (5) anos da implantação do programa (PNPB), ocorre um crescimento expressivo da produção, sendo produzido 2,4 bilhões de litros. No entanto, no ano 2012 houve um crescimento

reduzido da produção de biodiesel se comparado nos anos de 2010 e 2011. Porém, a produção voltou a crescer sendo produzidos 2,9 bilhões no ano de 2013, 3,4 bilhões de litros em 2014 e 3,9 bilhões de litros em 2015 (ANP, 2016).

Figura 2.2 - Produção Brasileira de B100 metro cúbico (m<sup>3</sup>), 2005-2015



Fonte: (ANP, 2016).

A redução de 8,7 milhões de toneladas de soja na safra de 2011, comparada a safra 2010/11, ocasionada por condições climáticas adversas, como fenômeno “La Niña”, foi um dos responsáveis pelo resultado negativo na produção de biodiesel no ano de 2012 (CONAB, 2013).

Em termos regionais, a região Centro-Oeste é responsável por 44% da produção nacional de biodiesel, seguido pela região Sul (38%). Já a produção nas regiões Sudeste, Nordeste e Norte é pouco significativa, respondendo por, 8%, 8% e 2% respectivamente (ANP 2016). A primeira colocação na produção nacional de biodiesel pela Região Centro-Oeste é proporcionada pela disponibilidade de terras para produção de oleaginosas e sua capacidade produtiva sendo responsável por 47% da produção de soja no ano de 2013 (CONAB, 2013).

Em termos de conjuntura regional, o Governo do Estado do RS possui papel importante na definição de um zoneamento agroclimático, sendo de grande importância em todas as fases do desenvolvimento de cadeias de produção e matérias-primas para produção de biodiesel (ZONIN, 2008). Através deste zoneamento agroclimático é possível verificar qual espécie de oleaginosa possui genética adequada para região em termos de

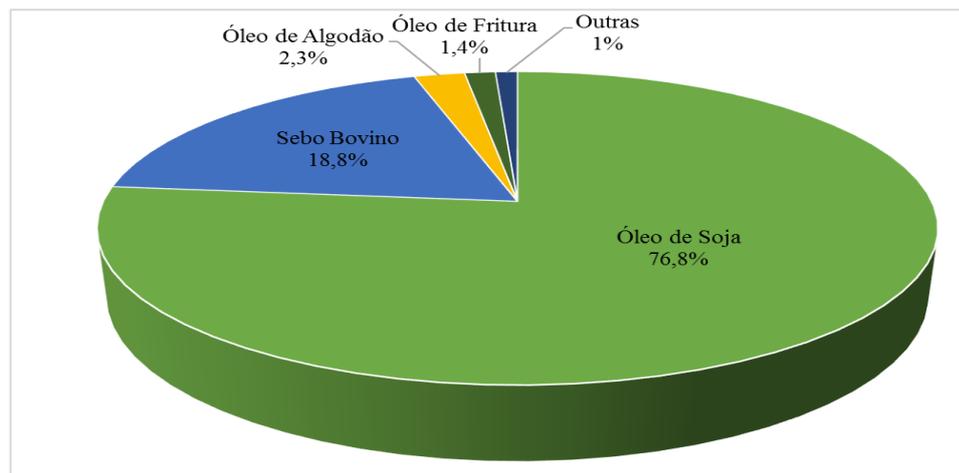
disponibilidade de água, tempo e espaço, melhor época de semeadura para cada município ou região e a definição das áreas menos sujeitas aos riscos e adversidades climáticas, permitindo o desenvolvimento da região e de seus agricultores.

### 2.3 MATÉRIAS-PRIMAS

A escolha da matéria-prima para a produção de biodiesel é condicionada por fatores de ordem geográfica, assim como pelo preço e pela disponibilidade da mesma em cada região do país. Apesar do Brasil apresentar condições edafoclimáticas favoráveis para o cultivo de diferentes espécies oleaginosas e para criações de animais em função de sua grande extensão territorial, contudo, a produção nacional de biodiesel fica restrita a poucas matérias-primas, como poderemos ver a seguir.

O óleo de soja continua sendo a matéria-prima mais utilizada para produção de biodiesel como se verifica na Figura 2.3, respondendo por 76,8% da produção de biodiesel no ano de 2015, seguido pelo sebo bovino, representando 18,8%, óleo de algodão, com 2,3%, óleos de fritura com 1,4% e outras com 1% da produção de biodiesel no ano de 2015.

Figura 2.3 - Produção de biodiesel por matéria-prima no ano de 2015



Fonte: (ANP, 2016).

A utilização do óleo de soja se deve ao grande excedente de óleo existente no mercado, decorrente da grande demanda do mercado por proteína vegetal, aliado a

organização de sua cadeia produtiva (GRAEF et al., 2010). A produção de soja no ano de 2014 ficou na ordem de 86.397 milhões toneladas, dos quais 37.622 milhões toneladas foram processadas, gerando 7.443 milhões de toneladas de óleo. Destes, 82% foi destinado para consumo interno no Brasil, cerca de 6.109 milhões de toneladas (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 - Complexo da Soja: Balanço de Oferta/Demanda (1.000 t)

	<b>Discriminação</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
Soja	Estoque Inicial	2.011	3.670	5.852	1.790	1.682
	Produção	68.919	75.248	67.920	81.593	86.397
	Exportação	29.073	32.986	32.916	42.796	45.692
	Processamento	35.506	37.270	36.434	36.238	37.622
	Estoque Final	3.670	5.852	1.790	1.682	2.393
Óleo	Estoque Inicial	311	361	391	314	288
	Produção	6.928	7.340	7.013	7.075	7.443
	Consumo Doméstico	5.404	5.528	5.328	5.723	6.109
	Estoque Final	361	391	314	288	328

Fonte: (ABIOVE, 2015 adaptado)

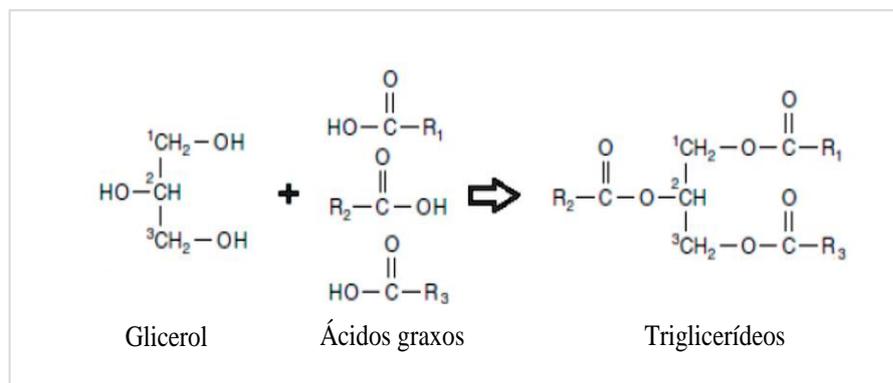
Considerando o descarte de 53% desse óleo como resíduo, verifica-se um potencial de aproveitamento de aproximadamente 3.237 milhões de toneladas de óleo residual para a produção de biodiesel. Esse reaproveitamento aumentaria consideravelmente a produção nacional de biodiesel, evitando problemas ambientais, com o descarte inadequado desse resíduo. Entretanto, apesar de apresentar potencial para produção de biodiesel, os óleos residuais não são matérias-primas privilegiadas pelo PNPB e não usufruem dos benefícios fiscais do programa (FREITAS; LUCON, 2011).

Para um cenário em que a adição pretendida pelo governo brasileiro é de 10% de biodiesel ao óleo diesel, começará a surgir dificuldades para abastecer o mercado com uma dependência tão grande pela cultura do soja, sendo necessário um aumento de 30% na produtividade da soja (MAPA, 2012). Para Vaccaro et al., (2010), iniciativas para a diversificação seriam significativamente promissoras se elas fornecessem opções para o cultivo em áreas onde os produtos tradicionais como a soja, trigo, milho, entre outras, possuíssem baixo valor econômico e alta produtividade por área.

### 2.3.1 Composição dos ácidos graxos

Os triglicerídeos aparecem como principal componente dos óleos vegetal e das gorduras animais, posteriormente em menor número os monoglicerídeos e diglicéridos, compostos por três moléculas de ácido graxo ligado a uma molécula de glicerol e ácidos graxos livres (ZHANG et al., 2003b) (Figura 2.4).

Figura 2.4 - Formação dos Triglicerídeos



Fonte: (SBARDELLA, 2011).

Os triglicerídeos são classificados como graxa ou óleo, variando muito do ponto de fusão, refletindo diretamente no do grau de insaturação presente na cadeia. Classificados como saturados, mono e poli-insaturados, dependendo do número de duplas ligações na sua cadeia de carbonos, sendo que os saturados não contêm ligações duplas entre os átomos e os monoinsaturados contêm uma única dupla ligação e os poli-insaturados com duas ou mais duplas ligações (LAGO et al., 1997; RAMOS et al., 2009) (Tabela 2.3).

Tabela 2.3 - Perfil dos principais ácidos graxos do óleo de soja

Ácidos graxos	Estrutura	Concentração (%)
Láurico	C12:0	0,1 (máx.)
Mirístico	C14:0	0,2 (máx.)
Palmítico	C16:0	9,9 - 12,2
Esteárico	C18:0	3 - 5,4
Oléico	C18:1	17,7 - 26
Linoléico	C18:2	49,7 - 56,9
Linolênico	C18:3	5,5 - 9,5

araquídico	C20:0	0,2 - 0,5
gadolêico	C20:1 (5)	0,1 - 0,3
behênico	C22:0	0,3 - 0,7
erúcico	C22:1	0,3 (máx.)
lignocérico	C24:0	0,4 (máx.)

Fonte: (NETO et al., 2000).

Quanto menor o número de duplas ligações maior será a cetanagem do combustível, proporcionando maior rendimento na combustão. Contudo, um biodiesel com excesso de cetano, ocasionará um aumento no ponto de nevoa e entupimento dos bicos do motor, provocando perdas na potência do mesmo (GOMES, 2009).

### 2.3.2 Álcoois primários

O processo de transesterificação ocorre utilizando álcool primário, como metanol, etanol, propanol e butanol na presença de um catalisador (FERRARI; OLIVEIRA; SCABIO, 2005). Sendo o etanol o preferido para processo de transesterificação em comparação ao metanol por derivar de produtos agrícolas, sendo biologicamente renovável e menos poluente no ambiente. Contudo, quando utilizado etanol faz-se necessário que esse seja anidro, que em outras palavras é a ausência de água (mínimo 99,5% de pureza), pois, caso seja utilizado etanol hidratado, a água presente no álcool (4%-6%) comprometerá a velocidade e o rendimento da reação de transesterificação, devido ao caráter reversível da reação (FREEDMAN; BUTTERFIELD; PRYDE, 1986; RAMOS et al., 2003), aliado a dificuldade em quebrar possíveis emulsões formadas durante o processo de transesterificação.

No entanto, devido aos problemas do etanol, o álcool metanol é o mais utilizado, devido ao seu baixo custo e as suas características físicas e químicas mais adequadas (DEMIRBAS, 2003), conhecido como álcool metílico é um álcool simples, de característica volátil, incolor, inflamável e possui um odor característico que é semelhante ao do etanol. Possui ponto de fusão de -93,9°C e ponto de ebulição de 64,96°C, polares à temperatura ambiente (SILVA, 2014). Para Freedman et al., (1986), e Meher, Sagar e Naik, (2006), a utilização de metanol apresenta maior rendimento em ésteres em comparação ao álcool etanol, bem como facilidade na separação das fases na etapa de purificação.

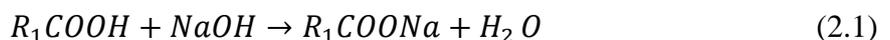
## 2.4 CATALISADORES

Em relação à utilização de catalisadores no processo de transesterificação, esses podem ser classificados em ácidos, bases e enzimas. Sendo os catalisadores básicos os mais utilizados na indústria, devido ao curto tempo de reação e de baixo custo, em comparação com os demais catalisadores (FREEDMAN; PRYDE; MOUNTS, 1984).

### 2.4.1 Catalisadores básicos

Os principais catalisadores básicos utilizados nos processos de produção de biodiesel são o hidróxido de sódio (NaOH), o hidróxido de potássio (KOH) e o metilato de sódio ( $\text{CH}_3\text{NaO}$ ). Esses catalisadores proporcionam reações mais rápidas em condições moderadas de reação (MA; HANNA, 1999; VICENTE, 2001), obtendo taxas de reação 4000 vezes superiores às obtidas com os catalisadores ácidos, contendo a mesma quantidade de catalisador.

Além disso, os custos dos catalisadores básicos são inferiores ao das enzimas, além da maior disponibilidade no mercado (SOUZA, 2006). No entanto, quando utilizando óleos vegetais ou não com alto índice de ácidos graxos livres, poderá ocorrer a formação de sabões, provocando a saponificação dos triglicerídeos, afetando diretamente no rendimento, separação e purificação dos ésteres (MA; HANNA, 1999; VICENTE; MARTINEZ; ARACIL, 2004). A reação de saponificação pode ser observada na equação 2.1, formando sabões e água (LEUNG; WU; LEUNG, 2010).



Além da diminuição dos rendimentos em massa, a água liga-se ao catalisador básico consumindo-o, sendo necessária mais adição do mesmo, elevando o custo final de produção (VAN GERPEN, et al., 2004). Dessa forma, matérias-primas com alto teor de ácidos graxos livres em processos de catálise básica é necessário fazer um pré-tratamento para reduzir essa acidez presente na matéria-prima. Zhang et al. (2003a) verificaram que os custos associados a essa unidade destinada ao tratamento da matéria-prima para redução dos ácidos graxos livres, levaram a uma redução da viabilidade econômica para o processo de produção de biodiesel, em comparação ao processo que utilizou catalisadores ácidos.

Contudo, apesar das dificuldades muitas vezes dependendo da matéria-prima, há um grande interesse nos processos de produção utilizando catalisadores alcalinos, devido sua eficiência nas conversões em ésteres e menor incidência de corrosão em comparação aos catalisadores ácidos, tornando-se preferido nas indústrias produtoras de biodiesel.

#### **2.4.2 Catalisadores ácidos**

Os principais catalisadores ácidos utilizados na produção de biodiesel são os ácidos sulfúrico e clorídrico, conduzindo a elevados rendimentos em ésteres, próximo a 99%, e são excelentes em processos que utilizam matérias-primas com elevado índice de ácidos graxos livres (DEMIRBAS, 2009). Fato já mencionado por Rei (2007), onde a principal vantagem do processo em meio ácido é a não formação de sabões, aumentando o rendimento da reação e facilitando as etapas de separação e purificação do biodiesel (BONDIOLI, 2004; VICENTE et al., 2004).

Para Marchetti, Miguel e Errazu (2007), o processo de transesterificação por meio ácido mostra-se como método mais adequado para produção de biodiesel quando as matérias-primas possuem altos teores de ácidos graxos livres em sua composição. Em geral, 1% de ácido sulfúrico é uma ótima quantidade de catalisador para conversão final de 99% em ésteres em 50 horas de processo.

Zhang et al. (2003a), constataram que os processos de produção de biodiesel utilizando Óleos e Gorduras Residuais (OGR) em catálise ácida apresentaram menores custos de produção se comparados ao processo em meio básico. No entanto, são reações lentas, necessitando temperaturas acima de 100°C e com longos períodos de reação (DEMIRBAS, 2009).

#### **2.4.3 Enzimas**

A utilização de enzimas na produção de biodiesel apresenta grande potencial em comparação aos demais catalisadores (ácidos e básicos), em função de apresentar operações menos complexas. Contudo, apresentam elevado custo, limitando assim a sua utilização industrial (CANAKCI; VAN GERPEN, 2001; SOUZA, 2006; SHARMA; SINGH; UPADHYAY, 2008, CABALLERO et al., 2009).

Para superar estas dificuldades é feita a imobilização da enzima, o que permite a utilização desse catalisador inúmeras vezes, diminuindo o custo de processamento e melhorando a qualidade do biodiesel produzido. Essa técnica restringe a movimentação da enzima e a fixa em um suporte ou veículo inerte, possibilitando a sua reutilização em outros processos (CAO, 2005). Essa imobilização pode ser realizada baseada em interação química (absorção, ligações iônicas, ligações covalentes) ou na retenção física (trapeamento e encapsulação) (BOMMARIUS; RIEBEL-BOMMARIUS, 2007).

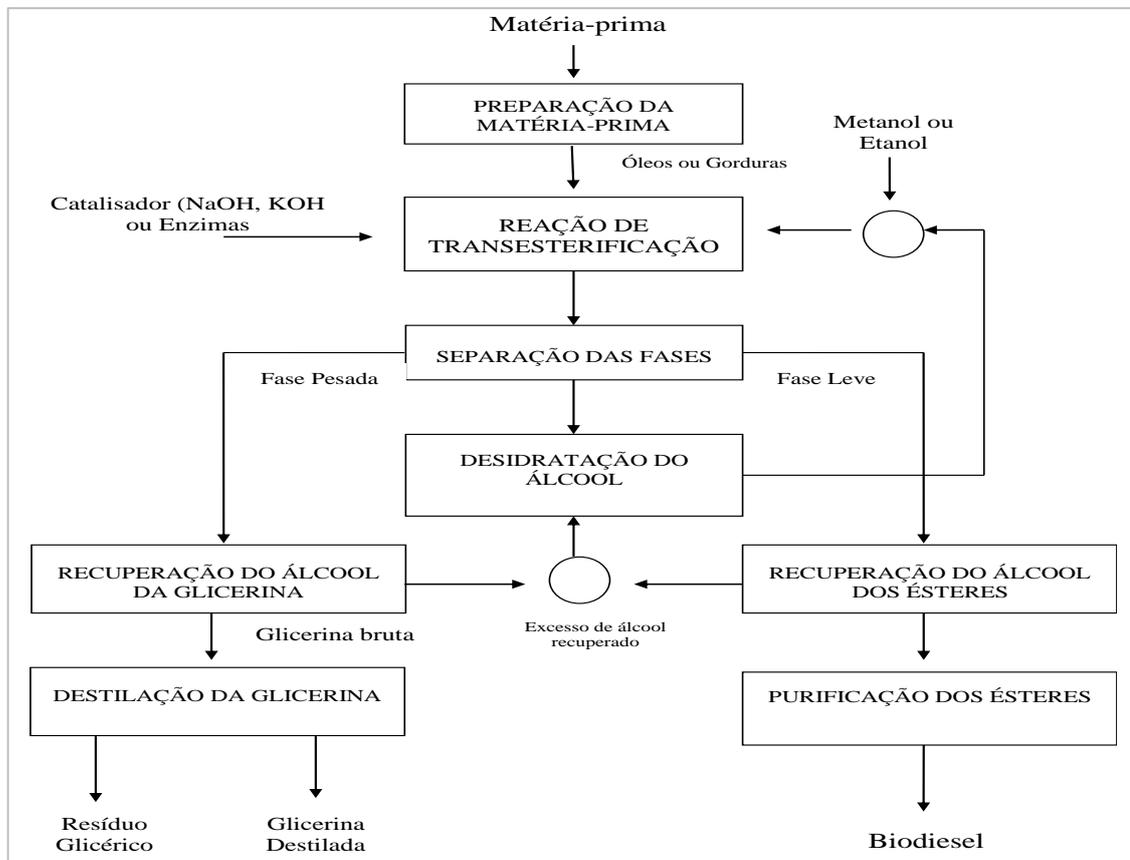
Para Cao (2005), as enzimas quando imobilizadas necessitam executar duas funções essenciais, sendo uma relacionada às funções não catalíticas que auxiliam na separação e a segunda relacionadas às funções catalíticas necessárias para converter os substratos que no caso na produção de biodiesel é matéria-prima em um tempo desejado.

A produção de biodiesel utilizando processo enzimático é conduzida geralmente em temperatura entre 20 e 60 ° C (ANTCZAK et al., 2009). Contudo, para Oda et al. (2005), são processos longos, em torno de 24h, para obter-se rendimento de 90% em massa de biodiesel.

## 2.5 ETAPAS DO PROCESSO INDUSTRIAL

A Figura 2.5, está representando o processo de produção de biodiesel, partindo de um ácido graxo qualquer como matéria-prima, empregando o método de transesterificação.

Figura 2.5 - Fluxograma do Processo de Produção de Biodiesel



Fonte: (PARENTE, 2003, p. 27)

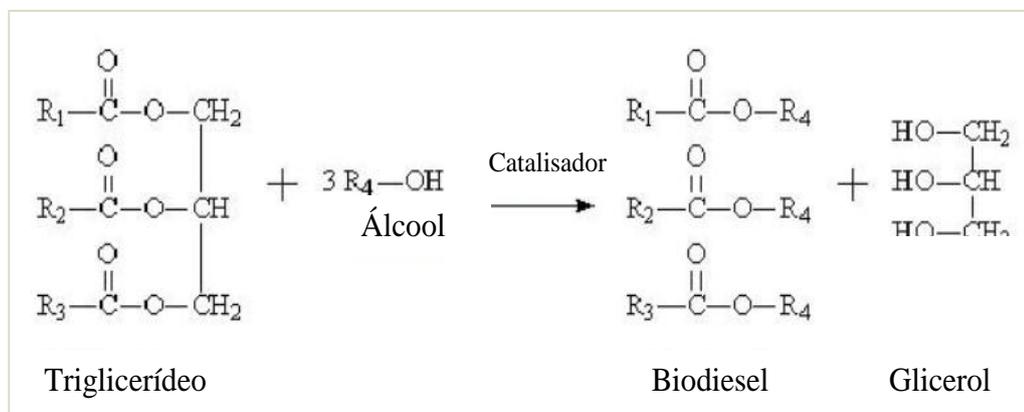
### 2.5.1 Preparação da matéria prima

A preparação da matéria-prima visa melhorar as condições para a efetivação da reação de transesterificação promovendo a máxima conversão possível de ésteres de biodiesel durante o processo. Nessa etapa é realizada a decantação e filtração à quente, para remoção dos resíduos sólidos presentes na matéria prima, posteriormente neutralização dos ácidos graxos livres quando necessário. A neutralização dos ácidos graxos pode ser realizada através de lavagem com solução alcalina de hidróxido de sódio ou potássio (PARENTE, 2003; ARAÚJO; ALMEIDA; SILVA, 2013). O processo de eliminação da umidade presente na matéria-prima deve ocorrer em temperatura superior a 100 °C durante 1 hora (PATIL; DENG, 2009).

### 2.5.2 Reação de transesterificação

A maneira mais comum para produção de biodiesel no Brasil é através do método de transesterificação, que se refere à reação de um produto químico catalisado envolvendo ácidos graxos e um álcool, na presença de um catalisador (base, ácido ou enzima) obtendo-se ésteres alquílicos de ácidos graxo (biodiesel) e glicerol com subproduto da reação (ZHANG et al., 2003; ENCINAR; GONZALEZ; RODRYGUEZ-REINARES, 2005) (Figura 2.6).

Figura 2.6 - Representação esquemática da transesterificação de triglicerídeos



Fonte: (ZHANG et al., 2003; ABREU; OLIVEIRA; GUERRA, 2010).

Os processos mais comuns de transesterificação são por meio de catalise homogênea e heterogênea, catálise enzimática e método supercrítico (MARCHETTI; MIGUEL; ERRAZU, 2007). A reação de transesterificação nada mais é do que a separação da glicerina do óleo vegetal, sendo um processo reversível. Normalmente uma sequência de três etapas consecutivas, no qual monoacilgliceróis e diacilgliceróis são formados como intermediários, sendo necessária no mínimo uma relação estequiométrica álcool/óleo de 3:1. Porém, devido ao caráter reversível da reação usa-se normalmente um excesso de álcool para deslocar o equilíbrio no sentido da formação de ésteres, sendo mais usual em relação álcool/óleo de 6:1 (MARCHETTI MIGUEL; ERRAZU, 2007).

Durante o processo de transformação dos ácidos graxos em biodiesel, a glicerina representa cerca de 10% da molécula de ácido graxo, sendo removida e substituída por um álcool (metanol/etanol), reduzindo a viscosidade do óleo (SUAREZ, 2006, p. 52).

### 2.5.3 Separação das fases

Após a reação ser concluída, o produto é deixado em tanques de formato cônico em descanso até ocorrer a completa separação das fases, leve e pesada. A separação das fases ocorre por um sistema de drenagem na parte inferior do taque de separação, onde é retirada primeiramente a glicerina e deixando-se apenas o biodiesel (PARENTE, 2003).

### 2.5.4 Recuperação do álcool

A recuperação do álcool presente na corrente leve e pesada é realizada através de destilação, sendo as substâncias levadas até o ponto de ebulição da água assim eliminando água e álcool tanto da glicerina como dos ésteres (PARENTE, 2003).

No entanto, esse álcool apresentará certa umidade, sendo removida por destilação, tornando possível a reutilização do álcool no processo. No caso da desidratação do metanol, a destilação é bastante simples e fácil de ser conduzida, uma vez que a volatilidade relativa dos constituintes dessa mistura é muito grande. Já no etanol, devido a formação de misturas azeotropa, para concentração em massa de 92% de etanol a separação é mais difícil, necessitando processo subsequente de extração com hexano para obtenção do produto anidro (PARENTE, 2003).

### 2.5.5 Purificação dos ésteres

No processo de produção de biodiesel utilizando catalisadores alcalinos, após a separação do glicerol o biodiesel contém resíduos de catalisadores, álcool não reagido, sabões e glicerol livre (LEUNG; WU; LEUNG, 2010), dessa forma é necessária a etapa de purificação, sendo esta realizada por meio de duas técnicas, purificação a seco ou úmidas.

Convencionalmente, a purificação úmida é a técnica mais utilizada para remover as impurezas. Nas primeiras lavagens são usadas pequenas quantidades de ácido fosfórico, ácido sulfúrico ou ácido clorídrico, para auxiliar na remoção de ácidos graxos não reagidos e evitar possíveis emulsões, durante a etapa de purificação. Nas demais são utilizadas apenas água aquecida para remover completamente as impurezas de biodiesel (ATADASHI et al., 2011). O número de lavagens dar-se-á até a água apresentar característica de límpida. Após o processo de purificação via úmido, os ésteres apresentam característica turva, devido a

presença de água em sua composição, devendo ser removida por aquecimento a uma temperatura superior a 100°C, até o biodiesel apresentar característica límpida, enquadrando-se nas normas técnicas estabelecidas para uso do biodiesel como combustível em motores do ciclo diesel (ARAÚJO; ALMEIDA; SILVA, 2013).

Contudo, esse método apresenta alto custo de produção e elevado tempo de processo, tornando-se desvantajoso (BERRIOS; SKELTON, 2008), aliado a grande quantidade de água residual gerada ao final do processo, em torno de 10 litros de água residual para cada litro de biodiesel purificado (DEMIRBAS, 2003; SALEH; TREMBLAY; DUBÉ, 2010).

Dessa forma, foram surgindo métodos de purificação via a seco, substituindo o uso da água, através da utilização de silicatos (magnesol ou Trisyl), resinas de permuta iônica (Amberlite ou Purolite), celulósicos, argila ativada, carbono ativado, fibra e ativado, entre outros (ATADASHI et al., 2011).

Berrios e Skelton (2008) verificaram que o processo de purificação de biodiesel por meio de troca iônica apresentou níveis de glicerol livre inferiores aos requeridos na norma EN 14214 do Comitê Europeu de Normalização, contudo, a capacidade de remoção de metanol para ambas as resinas foi muito baixa, sendo assim, ineficiente para adequação da norma EN 14214.

### **2.5.6 Destilação da glicerina**

A purificação da glicerina bruta é feita por destilação a vácuo, resultando um produto límpido e transparente, denominado comercialmente de glicerina destilada. O produto de calda ou fundo da destilação, ajustável na faixa de 10 a 15% do peso da glicerina bruta, que pode ser denominado de “glicerina residual” (PARENTE, 2003).

## **2.6 PARÂMETROS DO PROCESSO**

A fim de produzir biodiesel de forma eficaz e com menor custo torna-se necessário empregar certos parâmetros de processo tais como: a) teores de umidade e ácidos graxos livres; b) proporção álcool/óleo; c) temperatura e tempo de reação; e) concentração de catalisador. Esses parâmetros influenciam diretamente no rendimento final do biodiesel e necessitam ser levados em consideração no processo de produção (KHOTHE et al., 2006;

MEHER; SAGAR; NAIK, 2006; ENCINAR; GONZALEZ; RODRYGUEZ-REINARES, 2005).

### **2.6.1 Teores de umidade e ácidos graxos livres**

Os teores de ácido graxos livres e de umidade são parâmetros importantes a serem considerados no processo de produção, pois podem impactar diretamente no custo de produção e no rendimento final. Para Khothe et al., (2006), as matérias-primas de ácidos graxos devem apresentar índice de umidade inferior a 0,05% e índice de ácidos graxos livres entre 0,5 a 1%, evitando assim formação de sabões em processos de catálise básica, afetando diretamente no rendimento e dificultando as etapas de separação e purificação dos ésteres de biodiesel.

No Brasil assim como nos demais países a maior parte do biodiesel produzido é através de óleos puros, usando como fonte de álcool o metanol e catalisador básico. No entanto, há uma grande quantidade de óleos e gorduras residuais que podem ser transformados em biodiesel, de forma a potencializar a produção nacional e diminuição dos custos com a matéria-prima. Porém, muitas vezes esses óleos e gorduras residuais apresentam elevado teor de ácidos graxos livres, dificultando os processos em meio básico. A possibilidade para utilização dessas matérias-primas dá-se através da neutralização com solução alcalina de hidróxido de sódio ou potássio (PARENTE, 2003; ARAÚJO; ALMEIDA; SILVA, 2013).

### **2.6.2 Proporção álcool/óleo**

A proporção álcool/óleo é uma das principais variáveis que influenciam no processo de transesterificação de triglicerídeos para produção de biodiesel (TOMASEVIC; SILER-MARINKOVIC, 2003; MEHER; SAGAR; NAIK, 2006), sendo necessária, como comentado anteriormente, uma razão estequiométrica de três moles de álcool por mole de triglicerídeos. No entanto, usa-se um excesso de álcool devido ao caráter reversível da reação, contribuindo de maneira satisfatória para aumentar os rendimentos no processo e diminuição do tempo de reação (FREEDMAN et al., 1986).

Encinar, Gonzalez e Rodryguez-Reinares (2005), verificaram que dentro da gama de proporções molares empregue para a realização do trabalho utilizando óleo de fritura, os melhores resultados foram obtidos com uma razão de 6: 1.

Já Leung e Guo (2006), constataram um aumento considerável nos teores de éster de 80,3% para 98,0%, e aumento no rendimento de 78,7% para 90,0% em massa em função do aumento da razão metanol/óleo de 3:1 para 6:1 utilizando óleo de canola como matéria-prima. No entanto, quando utilizado óleo de fritura como matéria-prima foi necessária uma razão metanol/óleo de 7:1 para chegar a um teor de éster de 94% e rendimento em massa de 87,5%, em função da elevada viscosidade do óleo de fritura em comparação ao óleo canola puro.

Souza (2013), utilizando óleo residual de fritura como matéria-prima, em razão molar álcool/óleo de 9:1, tempo de reação de 1 hora, e 1% de NaOH em massa, como catalisador, obteve rendimento em ésteres igual a 95%. Mesma razão molar utilizada por Patil e Deng (2009), com óleo de canola e óleo de milho como matérias-primas, obter o máximo em rendimento em ésteres em razão molar metanol/óleo de 9: 1.

Porém, uma relação molar álcool/óleo muito elevada, afetará na recuperação dos ésteres no momento da separação das fases por esse (álcool), aumentar a solubilidade da glicerina e elevar os custos com a recuperação do metanol (LEUNG; GUO, 2006; KRAUSE, 2008).

### **2.6.3 Temperatura e tempo de reação**

A temperatura é uma das variáveis que contribuem fortemente na conversão de triglicerídeos em biodiesel durante a reação de transesterificação, afetando positivamente no rendimento e na redução do tempo de processo, em temperaturas que variam de 60 a 70°C, sem que ocorra a evaporação do metanol presente na mistura (CHENG et al., 2010).

Encinar, Gonzalez e Rodryguez-Reinares (2005), utilizando óleo de fritura como matéria-prima verificaram que os melhores resultados foram obtidos a 65°C. No entanto, segundo os autores, a transesterificação progrediu de forma satisfatória até à temperatura ambiente, o que pode ser muito interessante para a produção à escala industrial devido às economias de energia que isso implicaria.

Freedman et al., (1984), utilizando óleo refinado em processo de transesterificação com razão molar metanol/óleo de 6: 1 e 1% de NaOH em massa verificaram que após uma hora (1) de processo, os rendimentos em éster foram de 94%, 87% e 64% para as

temperaturas de 60, 45 e 32 ° C, respectivamente. Já Khothe et al., (2006), verificaram que empregando temperaturas maiores ou iguais a 60 °C, obtiveram conversão máxima em ésteres de biodiesel em 1 hora de processo, utilizando óleo vegetal como matéria-prima com razão molar álcool/óleo igual a 6:1.

Leung e Guo (2006), utilizando óleo de fritura usado com índice de acidez de 2%, em razão molar metanol/óleo 7:1 e 1,1% de NaOH em massa, obtiveram resultado satisfatório em 20 minutos de reação com temperatura de 60°C. Contudo, os autores verificaram que o prolongamento do tempo de reação de 15 para 30 minutos não resultou em efeito significativo na conversão de triglicerídeos, mas levou a uma redução no rendimento de ésteres, diminuindo de 87,5% para 85,3%, resultando em efeito negativo na conversão de ésteres, mas favorece a reação de transesterificação inversa e/ou hidrólise de ésteres, resultando na redução do rendimento do produto.

#### **2.6.4 Concentração de catalisador**

Atualmente os principais catalisadores empregados nos processos de transesterificação são, o hidróxido de sódio (NaOH) ou o hidróxido de potássio (KOH), em concentrações que variam de 0,4 a 2% em massa de óleo (MEHER; SAGAR; NAIK, 2006).

Leung e Guo (2006), utilizando óleos residuais como matéria-prima e razão molar metanol/óleo 7:5, verificaram que 1,1% de NaOH, 1,3% CH<sub>3</sub>ONa e 1,5% de KOH em massa alcançaram 94%, 92,8% e 92,5% em ésteres respectivamente. Já para o rendimento em massa utilizando as mesmas concentrações o melhor rendimento foi do CH<sub>3</sub>ONa com 89%, seguido de KOH, com 86% e NaOH, com 85,3%.

Ugheoke et al. (2007), empregando óleo de Junquinho-mansa (*Cyperus Esculentus*) como matéria-prima na produção de biodiesel observaram que o rendimento aumentou de forma constante com o aumento da concentração de KOH de 0,5% para 0,9%, posteriormente ocorreu a diminuição no rendimento com a elevação da concentração de catalisador.

Contudo, quando utilizado matérias-primas com a presença de ácidos graxos livres e excesso de umidade, é recomendada a neutralização e desumificação dos mesmos para evitar a saponificação dos ésteres (CVENGROS; CVENGROSOVA, 2004).

## 2.7 IMPORTÂNCIA DAS PEQUENAS UNIDADES DE PRODUÇÃO

No Brasil existem inúmeras empresas que comercializam pequenas unidades de produção de biodiesel, com capacidade na faixa de 100 a 5.000 litros dia. Estas unidades apresentam tecnologia não validada e os custos provavelmente sejam mais elevados que as unidades de grande porte, pois são intensivas em mão de obra.

Nos últimos anos é crescente o número de unidades de pequeno porte instaladas em Instituições de Pesquisa, visando estudar a produção de biodiesel (NASCIMENTO et al., 2006; RAIMUNDO et al., 2009). Para esses autores as pesquisas permitem a construção de pequena usina de biodiesel de fácil manuseio, sendo possível realizar todas as etapas de produção em um único equipamento, de maneira satisfatória, apresentando-se como forma de diminuir os custos de processamento e mantendo a qualidade do biocombustível.

Nos últimos anos são apresentados trabalhos onde são abordadas questões econômicas e ambientais relacionadas à implantação de pequenas unidades de produção. Dentre estes podemos destacar os trabalhos desenvolvidos por Castellani (2008) e Castellani e Cunha (2015), desenvolvidos por pesquisadores da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, utilizando óleos residuais como matéria prima. Nestes trabalhos totalmente teóricos, sem levantamentos de campo, os autores concluem que a produção de biodiesel empregando óleos residuais como matéria-prima é viável do ponto de vista econômico e resultam em ganhos ambientais, pois minimiza o descarte desses óleos ao meio ambiente. Gouveia (2014), realizando estudos em unidade de produção de biodiesel instalada no campus do Instituto Politécnico de Setúbal, empregando óleos residuais de processamento de alimentos, concluiu que a produção de biodiesel em pequena escala é viável do ponto de vista técnico e econômico.

Vernini (2014), analisando unidades de produção com diferentes capacidades de produção (40, 66 e 110 litros) de biodiesel utilizando óleo de Crambe como matéria-prima, conclui que apenas as unidades com capacidade de 66 e 110 litros apresentam viabilidade econômica para implantação, pois o Valor Presente Líquido (VPL) de cada empreendimento é positivo, o que significa que ao final de 60 meses, o valor do investimento será compensado pelo lucro obtido no decorrer dos períodos.

Para Pagliardi, Maciel e Lopes (2006) a instalação de pequenas unidades de produção de biodiesel resulta em ganhos sociais, através da geração de empregos para famílias próximas as unidades industriais e retorno financeiro pela venda de matéria prima, e ganhos ambientais, decorrente da redução de descarte de óleos residuais ao meio ambiente e ciclo

fechado de geração de dióxido de carbono, não contribuindo com a elevação do nível de dióxido de carbono na atmosfera. Para Portela (2007), o biodiesel só será uma alternativa viável se considerarmos nas análises a tria econômica, ambiental e social de forma igualitária.

## 2.8 ENTRAVES DA PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE B100

Os entraves relacionados à produção e utilização de biodiesel são muitos, tais como questões agronômicas, obstáculos econômicos, tecnológicos e de infraestrutura (SILVA et al., 2014). Esses problemas refletem diretamente no elevado custo de produção, ocasionado principalmente pelo alto custo da matéria-prima utilizada para produção (ZHANG et al., 2003; ABIOVE, 2006; ZONIN, 2008). Para os autores, praticamente os custos de produção dividem-se em matéria-prima (80%), fonte de álcool (10%) e custos de operação (10%)

Segundo dados da Fecombustíveis, (2012), o custo do litro de biodiesel custa cerca de 60% a mais do que o litro do diesel mineral. Além disso, como sua produção está longe dos grandes centros consumidores e o transporte é feito basicamente por via rodoviária, elevando consideravelmente os custos de logística. Zhang et al. (2003), verificou que o azeite virgem custa de duas a três vezes mais do que o óleo de cozinha usado, provocando aumento substancial no custo de produção do biodiesel.

Já em relação às características físico-químicas em comparação ao diesel, o biodiesel apresenta maior viscosidade, teor mais baixo de energia, maior ponto de névoa, aumento das emissões de óxido de nitrogênio, menor velocidade do motor e incompatibilidade com certos motores (DEMIRBAS, 2009).

## 2.9 SISTEMAS DE CUSTEIO

Entre os sistemas de custeio podem-se citar os métodos de custo-padrão, centros de custos, custeio baseado em atividades e o método da unidade de esforço de produção (BORNIA, 2002). Porém, para contemplar os objetivos propostos no trabalho, será dado maior enfoque no sistema de Custeio Baseado em Atividades (ABC), método a ser empregado na determinação do custo de produção em pequena escala de produção.

### 2.9.1 Custeio baseado em atividades (ABC)

O Método de Custeio Baseado em Atividades (ABC), não é um modelo de custo atual, mas sim um modelo econômico semelhante ao tradicional Método dos Centros de Custos, apesar de sua lógica ser bem diferenciada (KRAEMER, 1995), permitindo o controle e alocação de custos, através da identificação dos processos e das atividades existentes nos setores produtivos, auxiliares ou administrativos, permitindo a identificação, análise e controle dos custos envolvidos nos mesmos (PEREZ; OLIVEIRA; COSTA, 2011).

A utilização do ABC possibilita a atribuição de todos os custos de produção de bens e de serviços, sendo os custos considerados como variáveis, tornando possível seu rastreamento e alocação (TONINI, 2006). Possibilitando a identificação dos custos das atividades e dos processos, permitindo uma visão mais apropriada para a análise da relação custo/benefício de cada uma das atividades e dos processos (MARTINS, 2010).

O custeio Baseado em Atividades divide-se em quatro etapas: a) mapeamento das atividades; b) alocação dos custos às atividades; c) redistribuição dos custos das atividades indiretas e diretas; d) cálculo dos custos dos produtos (BORNIA, 2002).

O mapeamento das atividades é considerado mais complexo em comparação a definição dos centros de custos que, normalmente, equivalem a um departamento da empresa. Sendo necessário para o mapeamento entrevistar os colaboradores que atuam nos processos internos da empresa, criando um cronograma de atividades. Posteriormente as atividades devem ser estruturadas para formar os processos (BORNIA, 2002).

A alocação dos custos deve representar o consumo dos insumos pelas atividades da melhor maneira possível (BORNIA, 2002). Nesse sentido é necessário o levantamento dos gastos da atividade para que possa efetuar as suas funções (mão-de-obra, material de escritório, energia elétrica, etc) (DIEHL, 2002). Já a redistribuição secundária no método ABC, procura alocar os custos das atividades aos produtos sem a redistribuição secundária. Algumas atividades como o Planejamento e Controle de Produção (PCP) e a administração de materiais, têm seus custos alocados diretamente aos produtos no ABC, ao contrário do que ocorre normalmente com o método de Custeio por Absorção (RKW) (BORNIA, 2002).

O Cálculo dos custos dos produtos na metodologia ABC utiliza o conceito, direcionadores de custos, definidos como transações que determinam os custos das atividades, ou seja, são as causas principais dos custos das atividades. Com a utilização dos direcionadores de custos, a metodologia ABC, objetiva encontrar os fatores que originam os custos, isto é, determinar a origem dos custos de cada atividade para, dessa maneira, distribuí-

los corretamente aos produtos, considerando o consumo das atividades por eles (BORNIA, 2002). Esse direcionamento de custos torna-se mais detalhada do que o centro de custos, é mais homogênea. Assim, os custos unitários são mais representativos na atividade (BORNIA, 2002).

Para esse trabalho, a aplicação da metodologia ABC, objetivou avaliar a produção de biodiesel em uma pequena unidade industrial, empregando óleos e gorduras residuais como matéria-prima. Mais informações sobre o sistema de Custeio Baseado em Atividades podem ser encontradas nos trabalhos de Weschenfelder (2011)<sup>1</sup>, Fabrício, (2011)<sup>2</sup> e Taborda (2014)<sup>3</sup>.

## 2.9.2 Análise econômico-financeira

Atualmente existem inúmeros trabalhos envolvendo métodos de análise econômico-financeira para a produção de biodiesel. Contudo, esses trabalhos diferem pela capacidade produtiva das unidades de produção e pelos critérios metodológicos utilizados.

Entre os principais podemos elencar os trabalhos de Connemann e Fischer, (1998), Nelson e Schrock, (1994), Noordam e Withers, (1996), Zhang et al., (2003a), os autores abrangeram grandes indústrias de produção de biodiesel, abordando como critérios econômicos o custo de capital, custo de fabricação e do biodiesel. Já os trabalhos de Castellanelli (2008), Castellanelli e Cunha (2015), Vernini (2014), Gouveia (2014), e Pagliardi et al., (2006), focaram suas pesquisas em pequenas unidades de produção de biodiesel para municípios e instituições. Comum a todos como relatado na seção anterior (2.9) está a viabilidade econômica e ambiental dos projetos.

Comumente as avaliações de investimentos envolvem um conjunto de técnicas que buscam determinar sua viabilidade econômica e financeira analisando diferentes alternativas, sendo normalmente mensurada pelo Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e pelo prazo de retorno do investimento (payback) (CASAROTTO; KOPPITKE, 2000).

---

<sup>1</sup> WESCHENFELDER, S. C. **Aplicação do custo baseado em atividades na determinação do custo de produção de etanol a partir do sorgo sacarino em pequena unidade de produção**. 2011. 152 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

<sup>2</sup> FABRÍCIO, A. M. **Determinação dos custos de produção do etanol a partir da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pelo método de custeio baseado em atividades (ABC)**. 2011. 137 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

<sup>3</sup> TABORDA, L. W. **Avaliação da viabilidade técnica e econômica da produção de etanol em planta piloto a partir da batata-doce (*ipomoea batatas*)**. 2008. 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

O Valor Presente Líquido (VPL) de um fluxo de caixa é obtido pela soma algébrica de todos os valores do fluxo de caixa, trazidos para presente (Equação 2.2). O projeto que apresenta o VPL maior que zero (positivo) é economicamente viável, sendo considerado o que apresentar maior VPL. Faça-se necessário a definição de uma taxa de desconto (SILVA; FONTES, 2005).

$$VPL = P + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} \quad (2.2)$$

Já a TIR a taxa que iguala os recebimentos futuros aos investimentos de saídas (Equação 2.3), ou seja, os investimentos feitos pelo investidor no projeto, tendo como objetivo determinar uma única taxa de retorno, dependente dos fluxos de caixa do investimento (ROSS; WESTERFIELD; JORDAN, 1998). Para critério de decisão, se a TIR  $\geq$  custo de capital, aceita-se o projeto, caso contrário, rejeita-se o projeto.

$$\sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} = 0 \quad (2.3)$$

O Tempo de Recuperação do Capital (TRC), também chamado prazo de retorno do investimento ou Payback, mede o tempo necessário para que seus fluxos de caixa nominais cubram o investimento inicial do projeto (DAMODARAN, 2002).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho caracteriza-se como pesquisa exploratória operacionalizada através de uma pesquisa de campo. Para Gil (1994), as pesquisas exploratórias, têm como finalidade principal desenvolver, explicar e modificar conceitos e ideias, de maneira a se conhecer melhor o assunto, podendo assim estabelecer o problema de pesquisa por meio da elaboração de questões e hipóteses que esclareçam os fatos e acontecimentos a serem estudados.

Para Moresi (2003), pesquisa de campo é investigação empírica realizada no local onde ocorre ou ocorreu um fenômeno ou que dispõe de elementos para explicá-lo. Pode incluir entrevistas, aplicação de questionários, testes e observação participante ou não. O procedimento metodológico divide-se em caracterização do local da pesquisa e por último procedimento e técnicas de coleta dos dados.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE PESQUISA

O trabalho foi desenvolvido na usina de reciclagem instalada no parque de exposições da Associação de Fumicultores do Brasil (AFUBRA), onde se encontra em operação uma pequena unidade industrial de produção de Biodiesel que utiliza óleos e gorduras resíduas como matéria-prima, sendo essa cedida pelo projeto Coleta de Óleo Saturado desenvolvido pela AFUBRA, em parceria com 69 prefeituras e 401 escolas da Região Sul do país.

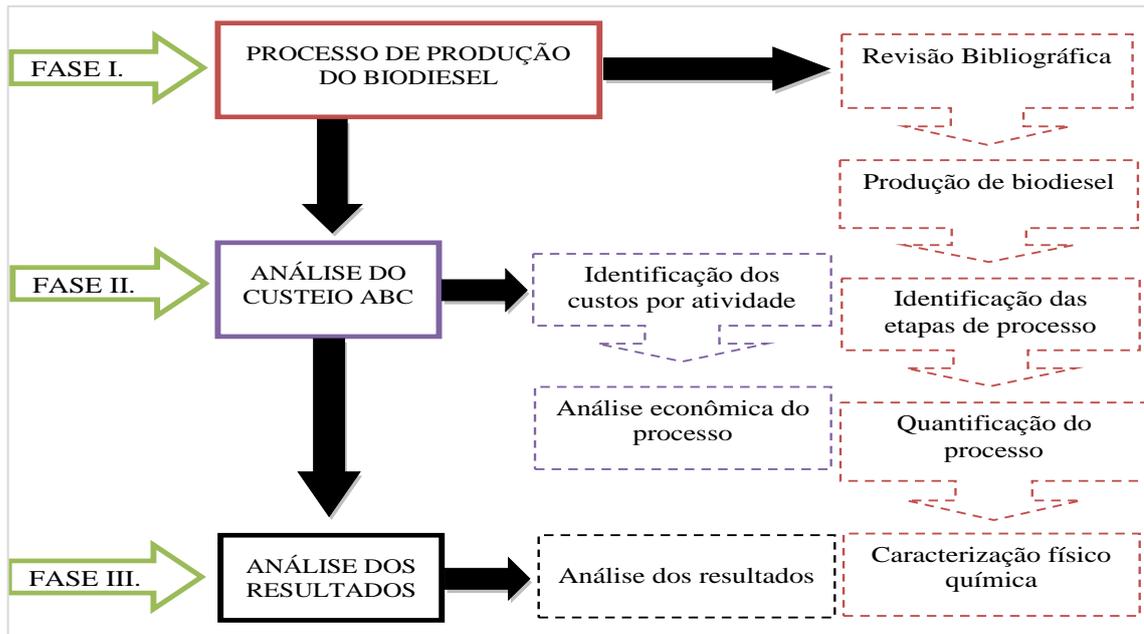
A unidade de produção de biodiesel apresenta capacidade de produção de 1000 litros dia, sendo composto por uma mesa de filtragem para a matéria-prima, um tanque de medição e controle de temperatura, um reator para catalisador e álcool, um reator de transesterificação, tanques de separação de polipropileno destinados a separação das fases e sistema de purificação por resinas de troca iônica.

#### 3.2 PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS DE COLETA DOS DADOS

Descrever os processos realizados na construção da investigação, principalmente do trabalho realizado a campo, é fundamental para compreendermos a pesquisa e seu contexto, pois como cita Pádua (1997, p. 50), “a coleta e o registro dos dados pertinentes ao assunto tratado é a fase decisiva da pesquisa científica, a ser realizada com o máximo de rigor e o

empenho do pesquisador”. Sendo assim, dividiram-se os procedimentos de coleta de dados em três etapas, processo de produção do biodiesel, análise do sistema de custeio ABC e por última análise dos resultados com suas respectivas atividades (Figura 3.1).

Figura 3.1 - Fluxograma de atividades



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

### 3.2.1 Fase I- Processo de produção do biodiesel

- a) Revisão bibliográfica: Nessa atividade foram realizadas pesquisas em livros, periódicos, teses e site de busca na intenção de coletar dados para posterior discussão dos resultados.
- b) Produção de biodiesel: Os processos de produção foram realizados em bateladas de 200 litros de OGR como matéria-prima, 15% de metanol em peso e 3% de metilato de sódio em peso com catalisador.
- c) Identificação das etapas de processo: Foram identificadas e elencadas as etapas necessárias para produção de biodiesel de OGR, com seus respectivos tempos de processamento.
- d) Quantificação do processo: Nesta atividade foi quantificado o rendimento mássico de biodiesel por cada batelada, e demais produtos resultantes do processo de produção.

- e) Caracterização físico-químico do biodiesel: Para esta atividade foram considerados parâmetros estabelecidos pela ANP, os quais certificam a qualidade deste combustível, segundo a RESOLUÇÃO ANP nº 45 25.8.2014- DOU 26.8.2014 a partir de 26 de agosto de 2014 (Tabela 3.1).

Quadro 3.1 - Parâmetros estabelecidos pela ANP Nº 45.

<b>Característica</b>	<b>Unidade</b>	<b>Limite</b>
Massa específica a 20° C	kg/m <sup>3</sup>	850 a 900
Índice de acidez, máx.	mg KOH/g	0,5
Viscosidade Cinemática a 40°C	mm <sup>2</sup> /s	3,0 a 6,0
Teor de água, máx.	mg/kg	200,0
Enxofre total, máx.	mg/kg	10
Sódio + Potássio, máx.	mg/kg	5
Cálcio + Magnésio, máx.	mg/kg	5
Teor de éster, mín	% massa	96,5
Fósforo, máx. (7)	mg/kg	10

Fonte: (ANP, 2014).

a) Massa específica e Viscosidade

Foram determinadas com o uso de um viscosímetro (modelo Stabinger Viscometer SVM 3000, Anton Paar). Ambos os parâmetros foram determinados seguindo a norma ASTM D 7042.

b) Teor de água

Esta análise foi realizada utilizando um titulador automático (modelo Titrand 836, Metrohm), o qual dispõe de agitação magnética e um eletrodo indicador de platina (modelo 8.109.1306, Metrohm), conforme a norma ASTM D 4377.

c) Teor de acidez

Quanto ao teor de acidez, este foi determinado seguindo a norma ASTM D 664, empregando titulação potenciométrica, com o uso de um titulador automático (Titrand) e agitação magnética.

d) Teor de sedimentos

O teor de sedimentos foi determinado seguindo a norma ASTM D 4807. Já o pH foi determinado utilizando um eletrodo de pH para meio não aquoso (modelo 6.0229.100), utilizando o mesmo equipamento empregado na determinação de acidez (Titrand).

e) Determinação do pH

O pH foi determinado utilizando um eletrodo de pH para meio não aquoso (modelo 6.0229.100), utilizando o mesmo equipamento empregado na determinação de acidez (Titrandos).

f) Metais (Ca, K, Mg, Na, P e S)

A determinação dos metais, P e S foi feita por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (Optima 4300 DV, PerkinElmer) equipado com sistema de nebulização do tipo Gem Cone e câmara de nebulização ciclônica. A potência do plasma foi de 1400 W e as vazões de argônio foram de 15L min<sup>-1</sup> (plasma), 0,7 L min<sup>-1</sup> (nebulizador) e 0,2 L min<sup>-1</sup> (auxiliar). Os elementos determinados foram monitorados em mais de um comprimento de onda, sendo que os resultados foram apresentados nas linhas mais intensas e/ou as que apresentaram as melhores condições operacionais. As linhas utilizadas foram: Ca (393,366 nm), K (766,490 nm), Mg (285,231 nm), Na (589,592 nm), P (213,627 nm) e S (181,975 nm).

g) Teor de ésteres

Já a análise de quantificação do teor de ésteres foi realizada no departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria. Para quantificação dos ésteres, cerca de 25 mg de amostra foram diluídos em 1750 µL de hexano e adicionados 250 µL de padrão interno (Pi) com concentração de 4 mg/ mL de tricosenoato de metila (C23:0Me) (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA) em iso-octano. 1µL dos ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAG) dissolvidos em hexano foram analisados pela injeção em cromatógrafo a gás equipado com detector de ionização em chama (CG-DIC) da marca Varian, modelo Star 3400 CX (CA, USA) e amostrador automático Varian, modelo 4200 (CA, USA). O injetor manteve-se no modo *split* com razão 50:1 e temperatura de 250 °C. O gás de arraste utilizado foi o hidrogênio à pressão constante de 15psi. Os EMAG foram separados em coluna capilar CP- Wax 52CB (Middelburg, The Netherlands) (50 m × 0,32 mm × 0,20 µm). A temperatura inicial da coluna foi de 50°C, onde permaneceu 1 min, aumentando para 180°C com taxa de 20°C/min, após até 200°C com taxa de aumento de 2 °C/min e então com taxa de 10°C/min até atingir 230°C mantendo-se em isoterma por 8 min. O detector manteve-se na temperatura de 240°C. A identificação dos EMAG foi realizada por comparação dos tempos de retenção dos analitos com padrões FAME Mix-37 (P/N 47885-U;

Sigma-Aldrich, St. Louis, USA). Os resultados foram expressos em massa de EMAG/ massa de amostra, a partir do uso do Pi de massa conhecida e dos fatores de correção do DIC.

### **3.2.2 Fase II- Análise do custeio ABC**

Nessa fase o trabalho segue os procedimentos utilizados por Weschenfelder (2011) Fabrício (2011) e Taborda (2014), na qual foi empregada a metodologia ABC para determinação dos custos em pequenas unidades de produção de etanol com diferentes matérias-primas. A primeira etapa trata-se da identificação dos custos por atividades e por último, é realizada a análise econômica dos custos empregando a metodologia ABC.

#### *a) Identificação dos custos por atividade*

Nessa atividade foram detalhadas as respectivas funções do processamento de produção, sendo contabilizada a quantidade de insumos empregados, a quantidade de mão de obra, consumo de energia, depreciação de equipamento e instalações (prédio) e o custo com matéria-prima (metanol e OGR).

#### *b) Análise econômica do processo*

A análise econômica do processo foi realizada empregando a metodologia contábil denominada de Custo Baseado em Atividades (ABC). Para cada atividade foram quantificados os direcionadores de custo, com o objetivo de determinar os custos de cada atividade, permitindo a determinação da contribuição individual no custo final, bem como conhecer a contribuição individual de cada elemento de despesa no custo daquela atividade.

### **3.2.3 Fase III- Análise dos resultados**

#### *a) Análise dos resultados:*

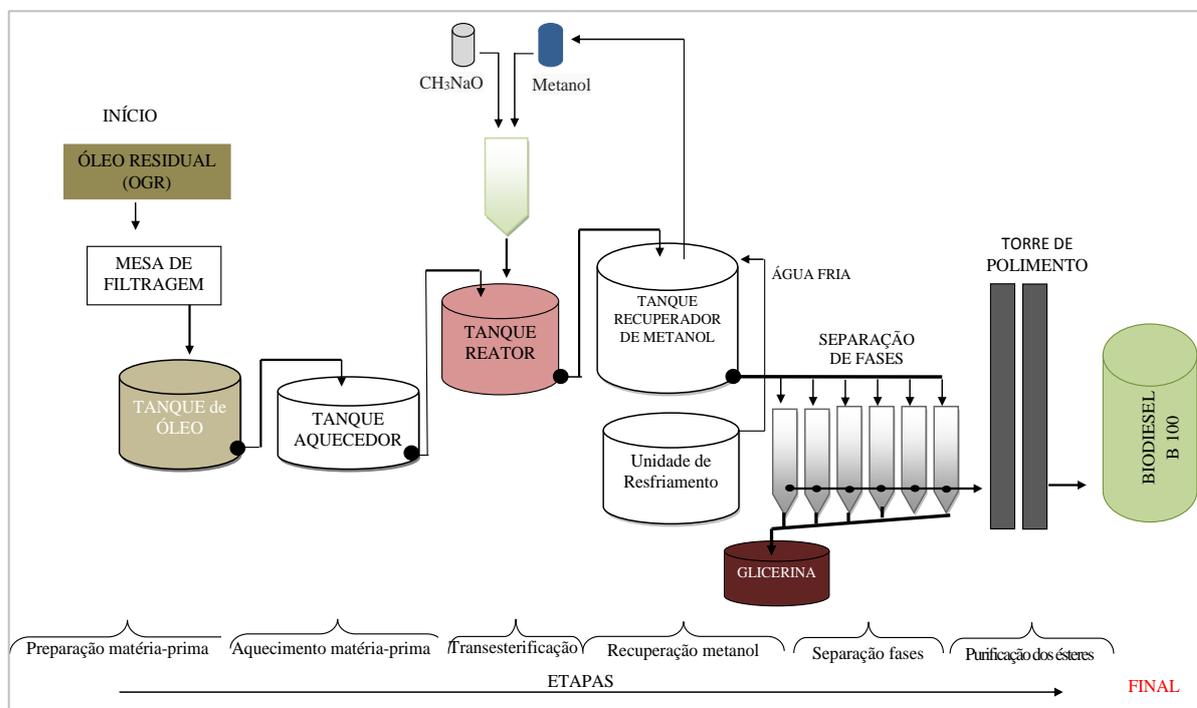
Os dados obtidos nos diferentes ensaios foram planilhados e avaliados visando identificar a influência de cada parâmetro do processo no rendimento e no custo final de processamento. Além do bônus referente à retirada deste óleo residual (OGR) poluente do meio ambiente, e avaliar possíveis problemas no processo de produção de biodiesel em pequena escala.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 ETAPAS DO PROCESSO EM UMA PEQUENA UNIDADE INDUSTRIAL

A produção de biodiesel utilizando óleos e gorduras residuais (OGR) como matéria-prima em processo de transesterificação alcalina necessita de seis etapas de processamento, as quais podem ser visualizadas na figura 4.1.

Figura 4.1 - Etapas de processamento de biodiesel utilizando OGR como matéria-prima



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Na figura 4.2 ilustra-se o local de armazenagem dos óleos residuais recolhidos pelo projeto de Coleta de Óleo Saturado desenvolvido pela AFUBRA, em parceria com 69 prefeituras e 401 escolas da Região Sul. As embalagens plásticas de refrigerante e detergentes, após a retirada do óleo são encaminhadas para a coleta seletiva, que ocorre no município de Santa Cruz do Sul. Já os galões retornam para o ponto de saída, para serem novamente usados no armazenamento desse resíduo.

Figura 4.2 - Recebimento da matéria-prima OGR



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Na primeira etapa de processamento ocorre a atividade de preparação da matéria-prima OGR (Figura 4.3). Essa consiste no processo de filtração, a quente, com o objetivo de remoção de qualquer tipo de sujidade e umidade que possa estar contida na matéria-prima, visto que os óleos residuais são de diferentes locais e chegam sem nenhum tratamento prévio.

Figura 4.3 - Preparação da matéria-prima (OGR)



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Na sequência o óleo já purificado é encaminhado com auxílio de bomba, para o tanque de medição, que possui capacidade de 200 litros, onde é previamente aquecido a 65°C (Figura 4.4).

Figura 4.4 - Tanque de medida e aquecimento da matéria-prima (OGR)



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

O aquecimento da matéria-prima a uma temperatura de 65°C visa proporcionar condições ideais para o processo de transesterificação dos ácidos graxos em biodiesel. Para Morais (2010), os maiores rendimentos em biodiesel, empregando catálise alcalina, estão na faixa de temperatura de 60 a 70°C.

A etapa subsequente ao aquecimento do OGR consiste em bombeamento para o reator de transesterificação (Figura 4.5). O reator, construído em aço inoxidável AISI 304, possui sistema de agitação para auxiliar na homogeneização da mistura, impulsionado por um motor de 1 CV, 8 POLOS, trifásico 220/380 V.

As quantidades de matérias-primas empregada no processo de transesterificação consistem de 200 litros de óleo, 15% em peso de metanol e 3% em peso de metilato de sódio ( $\text{CH}_3\text{NaO}$ ), remetendo a uma razão molar metanol/óleo de 4:1. A mistura de metanol como o metilato de sódio é preparada em tanque de aço inoxidável AISI 304 e posteriormente bombeada ao reator de transesterificação. Após mistura entre os componentes (óleo + metóxido de sódio) a reação é mantida sob agitação por um período de 45 minutos, para atingir o grau de conversão em ésteres desejado.

Figura 4.5 - Reator de transesterificação



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Ao final do processo de transesterificação, a mistura contendo biodiesel e glicerina é encaminhada para o destilador (Figura 4.6) para remoção do metanol residual. O tempo de realização desta operação é de uma hora. O metanol evaporado passa por um sistema de refrigeração, onde é condensado, sendo posteriormente encaminhado por gravidade para o tanque de armazenagem de metanol, para posterior utilização em novos processos.

Figura 4.6 - Recuperação do Metanol



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Após remoção de parcela do metanol a mistura restante, contendo o biodiesel e a glicerina, era bombeada para os tanques de decantação, de formato cônico para promover a separação da mistura biodiesel/glicerina (Figuras 4.7). O tempo de descanso, para garantir uma efetiva separação entre as fases, era de uma hora e trinta minutos. Na sequência do processo a glicerina foi removida pelo fundo do equipamento, quantificada por pesagem, e posteriormente encaminhada, com auxílio de bomba para o tanque de armazenagem de glicerina residual.

Figura 4.7 - Decantação e separação das fases (Biodiesel e Glicerina)



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

O biodiesel formado foi quantificado através de pesagem, e posteriormente pressurizado, com auxílio de bomba centrífuga para passagem pelas colunas de purificação (Figura 4.8), para remoção dos álcalis não separados no processo de decantação. A resina empregada no processo de purificação foi a Amberlite BD10DRY. A velocidade de percolação do biodiesel pelas colunas foi de 180 litros/hora, possibilitando o tempo de contato necessário para realizar a troca catiônica necessária para remoção dos cátions sódio presentes no biodiesel.

Figura 4.8 - Torre de Polimento (Purificação)



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

O biodiesel purificado foi encaminhado para o tanque de armazenagem, na parte externa da unidade industrial (Figura 4.9), através da tubulação de recalque. Nessa tubulação contém um hidrômetro para quantificar a quantidade de biodiesel encaminhada ao tanque.

Figura 4.9 - Tanque de estocagem e abastecimento (B100)



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Após o término do processo de produção de biodiesel de OGR, eram coletadas amostras para caracterização físico-química.

#### 4.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Os resultados da caracterização físico-química realizada nas amostras de biodiesel são apresentados na Tabela 4.1. Pode-se constatar que o teor de ésteres presentes na amostra está na ordem de 99,5%, mostrando que a conversão obtida no processo atinge os níveis mínimos de ésteres exigidos pela ANP, que é de 96% (Resolução N° 45 de 2014 da ANP, 2014). Também se constatou que as medidas de densidade, viscosidade, pH, Teor de acidez, Sódio (Na), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Potássio (K), encontram-se em nível abaixo dos exigidos pela resolução da ANP, indicando que, para estas variáveis o processo é aceitável do ponto de vista técnico. O único parâmetro do biodiesel obtido na unidade de Santa Cruz da AFUBRA em desacordo, foi o teor de água que ficou em 1600 ppm, valor 8 vezes superior ao estabelecidos pela Resolução N° 45 de 2014 (ANP, 2014). Este fato pode ser atribuído à ineficiência da resina de troca iônica em absorver a água contida no biodiesel. Segundo Berrios e Skelton, (2008) e Atadashi, et al., (2011), as resinas de troca iônica são eficientes na remoção de cátions, mas são ineficientes para remoção de água e metanol.

Para atingir os parâmetros relativos a teor de água ao processo deveria ser acrescentado mais uma coluna de polimento contendo resina que realize a separação seletiva da água presente no biodiesel.

Tabela 4.1 - Parâmetros relativos ao biodiesel

Análises	Unidade medida	Limite	Resultados
Teor de éster, mín (%)	%	96,5massa	99
Massa específica a 20° C	kg/m <sup>3</sup>	850 a 900	882
Viscosidade (mm <sup>2</sup> /s <sup>1</sup> )	mm <sup>2</sup> /s <sup>1</sup>	3,0 a 6,0	4,9
pH	pH	-	6,5
Teor de água	mg/kg	200,0	1600
Teor de acidez (mg KOHg <sup>1</sup> )	mg KOHg <sup>1</sup>	0,5	0,34
Ca (µg g-1 de)	mg/kg	5	<2,2*
Mg(µg g-1 de)	mg/kg	5	<0,2*
K (µg g-1 de)	mg/kg	5	<1,3*
Na (µg g-1 de)	mg/kg	5	<1,3*
P (µg g-1 de)	mg/kg	10	<18*
S (µg g-1 de)	mg/kg	10	<35*

Nota: \* Limite de quantificação.

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Apesar de apresentarem teores de água em excesso, segundo o gestor do projeto na AFUBRA, até o momento não foram relatados problemas com a utilização deste biodiesel.

Na Tabela 4.2 são apresentados os percentuais dos diferentes tipos de ésteres metílicos presentes na amostra de biodiesel produzido na unidade fabril da AFUBRA, representada na forma do tipo de ácido graxo que deu origem ao éster, determinado através de cromatografia gasosa.

Tabela 4.2 - Composição de ésteres metílicos de ácidos graxos do biodiesel de ORG

Nº de Carbonos	Ácido Graxo	%, amostra
C14:0	ÁcidoButirico	1
C16:0	Palmítico	14
C18:0	Esteárico	4
C18:1 n9c	Oleico	25
C18:1 n9t	Elaídico	1
C18:3n3	Ácido gama-linolênico	48
C20:0	Ácido Araquidico	5
Outros		2

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Dentre os ésteres metílicos de ácidos graxos identificados verificou-se a predominância de compostos insaturados, dos quais 48% do total sendo composta de Ácido gama-linolênico e 25% de ácido oleico. Os demais produtos verificados foram ésteres metílicos de ácidos graxos saturados (Ácido Palmítico 14%; Ácido Araquidico 5%; Ácido Esteárico 4% e outros). Os valores obtidos na composição do biodiesel indicam que, óleo preponderante na matéria-prima utilizada no processo é de óleo de soja (NETO et al., 2000) (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 - Composição típica do óleo de soja

Ácidos graxos	Estrutura	Valores de referência (%)
-	C<14	< 0,1
Ácido Mirístico	C14:0	< 0,5
Ácido Palmítico	C16:0	7,0 - 14,0
Ácido Palmitoleico	C16:1	< 0,5
Ácido Esteárico	C18:0	1,4 - 5,5
Ácido Oleico	C18:1	19,0 - 30,0
Ácido Linoleico	C18:2	44,0 - 62,0
Ácido Linolênico	C18:3	4,0 - 11,0
Ácido Araquídico	C20:0	< 1,0
Ácido Eicosenoico	C20:1	< 1,0
Ácido Behênico	C22:0	< 0,5

Na próxima subseção é apresentado o rendimento global obtido nas três bateladas realizadas em um dia de processamento.

#### 4.3 DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO

Para que fosse possível determinar o custo de produção do biodiesel na unidade industrial avaliada, foi necessário realizar um balanço de massa para que fosse possível saber qual a massa de biodiesel formada através do processamento de 200 litros de óleo residual. Para tal foram realizadas quantificações das massas produzidas no decorrer de três bateladas. As quantidades iniciais adicionadas em cada batelada foram determinadas multiplicando o volume da matéria-prima ou catalisador pela respectiva densidade. O Quadro 4.1 apresenta os valores de densidade empregada nos cálculos. Os volumes de matérias-primas e catalisador utilizados, em princípio, foram as mesmas em cada um dos três ensaios (bateladas) realizados, e são apresentadas no quadro 4.1.

Quadros 4.1 - Reagentes e suas densidades

Reagentes	Densidade g/cm <sup>3</sup>	Fonte
Óleo de fritura	0,9309	Moecke et al., (2012)
Metanol	0,79	Geris et al., (2007)
Metilato de sódio	0,97	Arinos Química LTDA, (2006)
Biodiesel	0,89	Autor, (2015)

Como apresentado na descrição do processo, a massa de produto, biodiesel, e a glicerina, foram quantificadas por pesagem. Já a quantidade de metanol que foi recuperado no processo de destilação não foi possível de ser quantificado diretamente em função de, após destilação, ser encaminhado diretamente ao tanque de armazenagem de metanol, onde não é possível realizar a medida de nível ou de volume com precisão. Assim, a quantidade de metanol recuperado no processo foi determinada por diferença. Como os valores apresentados são da média de três ensaios (APÊNDICE A) é natural que ocorra uma pequena diferença entre a massa que entrou e que saiu no processo. Os resultados de balanço de massa são apresentados na Tabela 4.2.

Quadro 4.2 - Balanço de massa (Média de três bateladas)

Reagentes	Entrada de Processo (Kg)	Saída de Processo (Kg)
Óleos de fritura (OGR)	186,2	
Metanol	23,7	6,5
Metilato de Sódio	5,8	
Corrente de Glicerina		27,6
Corrente de Biodiesel		181,4
Total	215,7	215,5

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Para calcular o rendimento do processo foi tomada como base de cálculo a quantidade de óleo em massa, empregada nas bateladas. Considerando que na reação de transesterificação ocorre a liberação de uma molécula de glicerol, cujo peso molecular é de 96,09 gramas/mol, e incorporação a cadeia dos ácidos graxos três moléculas de metanol, cujo peso molecular total ( $3 \times 32,04 = 96,12$  gramas), a massa de biodiesel formada deverá ser bastante próxima do óleo adicionado ao processo, fazendo com que a utilização da massa de óleo adicionado para cálculo do rendimento apresente valores bastante próximos do real. No Quadro 4.2, pode-se constatar que do processamento de 186,2 Kg de OGR, obteve-se um rendimento médio de 181,8 Kg de biodiesel por ensaio, apresentando um rendimento de 97,4%. Considerando a densidade do biodiesel como sendo de  $0,89 \text{ g/cm}^3$ , o volume de biodiesel corresponde a 204 litros ( $\text{Volume B100} = 181,8\text{Kg}/0,89 \text{ kg/litro} = 204 \text{ litros}$ ). O rendimento experimental, obtido na média dos três ensaios pode ser considerado bom, mostrando que o processo empregado pela AFUBRA para produção de biodiesel é satisfatório do ponto de vista técnico no que tange a rendimento em biodiesel. Os valores de rendimento em massa verificados neste trabalho estão na mesma ordem de grandeza daqueles relatados por, Vicente, Martinez e Aracil (2004), Souza (2013), Silva (2014), e superiores a Rabelo (2001), Leung e Guo (2006), Geris et al. (2007), Taketa et al. (2014), e Silva et al. (2014).

Com relação a recuperação de metanol constatou-se uma reciclagem na ordem de 6,5 Kg. Considerando a estequiometria da reação, onde foi utilizado uma relação Metanol/Óleo de 4/1, em princípio após a reação seriam consumidos três (3) moles de metanol para cada mol de óleo. Dos cálculos realizados a quantidade de metanol residual após reação deveria ser de 6,7 Kg. Com base nestas informações é possível concluir que quase todo o metanol residual é recuperado no processo de destilação, onde o metanol é evaporado.

#### 4.4 DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS DE PROCESSAMENTO

Esta seção será destinada ao cálculo dos custos de processamento do biodiesel em pequena unidade de produção, empregando o método de custeio ABC.

No Quadro 4.3 são apresentadas as atividades e os respectivos equipamentos empregados no processo de produção e a capacidade de cada um destes equipamentos. A Usina opera de forma batelada e possui, segundo o fabricante o unidade, capacidade de realizar cinco (5) bateladas/dia. Em cada batelada é possível a produção de 200 litros de biodiesel, totalizando uma produção diária máxima de 1000 litros de biodiesel.

Quadro 4.3 - Capacidade total dos equipamentos da Usina Biodiesel AFUBRA

Atividade	Equipamento	Capacidade	Quantidade	Capacidade Total
Preparação da matéria-prima	Mesa de Filtragem.	200 litros	1	Continua
	Tanque armazenagem	250 litros	1	250 litros
Aquecimento da matéria-prima	Tanque	300 litros	1	300 litros
Reação de Transesterificação	Tanque Álcool/catalisador	50 litros	1	50 litros
	Reator transesterificação	350 litros	1	350 litros
Recuperação do Metanol	Destilador	350 litros	1	350 litros
Separação de fases	Tanques de separação	350 litros	6	2100 litros
Purificação dos ésteres	Torre de polimento	180 litros/h	1	1000 litros

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

A primeira tarefa neste método consiste na definição das atividades realizadas no processo e na determinação dos elementos de custo para cada uma das atividades do processo. Como atividades serão tomadas aquelas apresentadas na Figura 4.1, já descritas acima, e mostradas no quadro 4.3. Já para os elementos de despesa foram definidos os seguintes itens: mão de obra, energia elétrica, depreciação de equipamentos e das instalações, catalisador e resina de polimento, cujas unidades de medida são apresentadas no Quadro 4.4, com suas respectivas unidades de medida (Quadro 4.5).

Quadro 4.4 - Identificação dos elementos de despesa para cada atividade

Etapas/Atividades	Elementos de despesa					
	Mão de obra	Energia elétrica	Depreciação	Catalisador	Resina	Depreciação das instalações
Preparação da matéria prima	x		x			x
Aquecimento da matéria prima	x	x	x			x
Transesterificação	x	x	x	x		x
Recuperação do Metanol	x	x	x			x
Separação de fases	x	x	x			x
Purificação	x	x	x		x	x

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Quadro 4.5 - Unidade de medida dos elementos de despesa

Elemento de despesa	Unidade de medida
Mão-de-obra	Direta; horas
Energia elétrica	Kw
Depreciação dos equipamentos	% por ano
Catalisador	Massa, Kg
Resina	Massa, kg
Depreciação do prédio	% por ano

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Na Tabela 4.4 são apresentados os tempos despendidos, em cada uma das atividades, para o processamento de 200 litros de matéria-prima, por batelada. Verifica-se que a atividade de separação de fases é a que apresenta maior duração de processamento, com uma hora e quarenta minutos, seguidos da preparação da matéria-prima com uma hora e trinta minutos, purificação com uma hora e seis minutos, recuperação do álcool com uma hora, transesterificação com quarenta e cinco minutos e aquecimento da matéria-prima com trinta minutos, totalizando seis horas e cinquenta e dois minutos. Esses valores são a média obtida na realização de três ensaios.

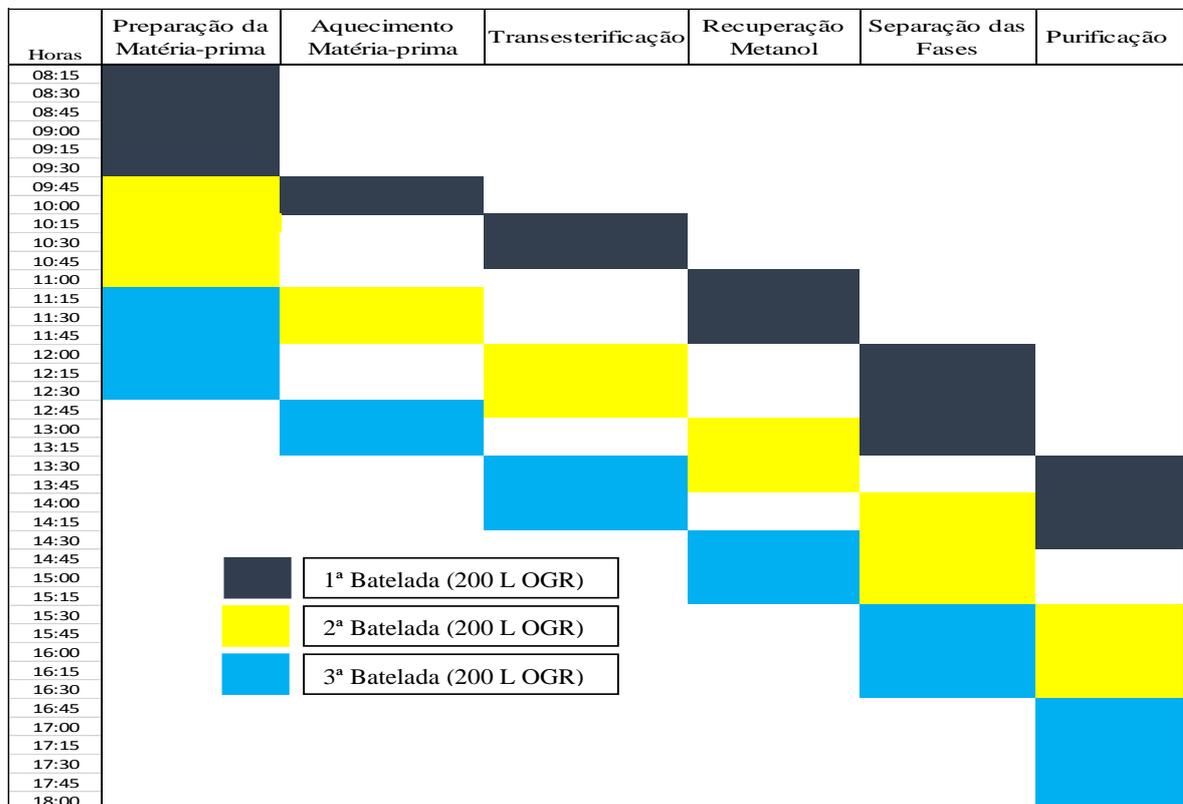
Tabela 4.4 - Tempo por atividade para processamento de 200 litros de óleo residual

Atividades	Tempo (Horas)
Preparação da matéria prima	1,5
Aquecimento da matéria prima	0,5
Transesterificação	0,75
Recuperação metanol	1
Separação de fases	1,67
Purificação	1,1
<b>TOTAL</b>	<b>6,52</b>

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Verifica-se na Figura 4.10, através do diagrama de sequência temporal, que em 10 horas (08h00min as 18h00min) é possível realizar até três (3) bateladas de 200 litros, totalizando um processamento de 600 litros/dia. O fabricante do equipamento coloca que é possível uma produção de até 1000 litros dias, porém não relata a jornada de trabalho necessária para alcançar este objetivo.

Figura 4.10 - Diagrama de sequência temporal



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Os dados obtidos no diagrama de sequência temporal serão utilizados para definir quantas horas de operador são necessárias para a realização de cada uma das etapas, permitindo assim o dimensionamento e custo da mão de obra nestas atividades. Este valor multiplicado pelo número de horas de operador permite determinar o custo do elemento de despesa para a realização de cada uma das atividades do processo.

O custo da hora de trabalho de um operador foi definido com base no salário mínimo regional do Rio Grande do Sul (R\$ 1.053,42) acrescido de décimo terceiro, férias, Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) e Seguro Social (INSS), totalizam R\$ 1.533,40. No cálculo foi computada a operação da unidade de segunda a sexta-feira, 10 horas por dia, 22 dias por mês, totalizando 220 horas mês. Dividindo a remuneração mensal pelo número de horas trabalhadas resulta em um custo de homem hora de R\$ 6,97.

Como ao mesmo tempo estão ocorrendo diferentes operações, o mesmo operador consegue operar a usina, de forma que o tempo que o funcionário fica operando o equipamento é menor que o tempo total que a atividade leva. Assim, convencionou-se que o tempo dispendido pelo operador é de 51,1% do tempo da atividade. A Tabela 4.5, apresenta os custos relacionados ao dispêndio com mão de obra para operar a mini usina de biodiesel, onde é possível verificar que o custo total diário com mão de obra foi de R\$ 69,67 (sessenta e nove reais e sessenta e sete centavos). Dentre as atividades a que mais contribuiu para o dispêndio com mão de obra foi a separação de fases, com 25,6%, seguido da preparação com matéria prima, com 23,0%. As atividades de purificação e recuperação do metanol apresentaram contribuições relativamente próximas, com 16,9% e 15,3%. As atividades que menos contribuíram com o custo de mão de obra foram a reação de transesterificação com 11,5% e o aquecimento da matéria-prima com 7,7%.

Tabela 4.5 - Custos com o elemento de despesa mão de obra para três (3) bateladas

<b>Atividade</b>	<b>Tempo, h</b>	<b>Mão obra dedicada</b>	<b>Tempo, h</b>	<b>Custo, R\$</b>	<b>%</b>
Preparação da matéria prima	4,5	51,10%	2,30	16,03	23,0
Aquecimento da matéria-prima	1,5	51,10%	0,77	5,34	7,7
Transesterificação	2,25	51,10%	1,15	8,01	11,5
Recuperação metanol	3	51,10%	1,53	10,69	15,3
Separação de fases	5,01	51,10%	2,56	17,84	25,6
Purificação	3,3	51,10%	1,69	11,75	16,9
<b>TOTAL</b>			<b>10,00</b>	<b>69,67</b>	<b>100</b>

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

O custo da energia elétrica (kW/h) foi obtido junto a AES Sul para rede trifásica, categoria industrial ao custo de R\$ 0,48. Verifica-se no Quadro 4.6 a descrição de consumo de cada equipamento da Usina modelo UB 1000 segundo a empresa Biotechnos.

Quadro 4.6 - Especificações de cada equipamento da usina de biodiesel 1000 litros

<b>Descrição</b>	<b>Modelo</b>	<b>Quan.</b>	<b>Potencia (W)</b>
Motor reator	W21 Alumínio - Multimontagem (1 CV, 8 polos, trifásico 220/380 V)	1	745
Motor Catalisador	W21 Alumínio - Multimontagem (0,33 CV, 8 polos, trifásico 220/380 V)	1	246
Motor Tranf/Aquec	W22 IP55 trifásico, 220/380 (1 CV 6 polos)	1	745
Motor tranf. /Cataliz.	W22 IP55 trifásico, 220/380 (0,5 CV 8 polos)	1	375
Motor tranf. Decant.	Trifasico 220/380 (1 CV)	1	750
Motor Tranf. Filtragem.	Trifasico 220/380 (0,5 CV)	1	375
Motor Tanque Resf.	Moto bomba centrifuga ICS-50 (0,5 CV, monofásico 220V )	1	375
Resistência/ Aquecimento	Resistencia tubular flange inox 3500WX220/380V	3	10500
Resistência Recuperadora	Resistencia tubular flange inox 3000WX220/380V	3	9000
Unidade Resfriamento	220V-1F,2 ventiladores 1,0HP	1	940

Fonte: (Biotechnos)

Dessa forma verificam-se na Tabela 4.6, que os custos relacionados ao consumo de energia elétrica para realização de três bateladas diárias somam-se R\$ 31,62 (trinta e um reais com sessenta e dois centavos). Dentre as atividades a que mais contribuiu para o dispêndio com consumo de energia elétrica foi a preparação da matéria-prima, com 41%, seguido do aquecimento da matéria-prima, com 28,7% e recuperação do metanol com 19,1%. As atividades que menos contribuíram com o custo de energia elétrica foram a purificação com 5,5%, a reação de transesterificação com 5,3% e a separação de fases com 0,5%.

Tabela 4.6 - Custos com o elemento de despesa energia elétrica para três (3) bateladas

<b>Atividade</b>	<b>T. operação, h</b>	<b>kW,h</b>	<b>R\$, kWh</b>	<b>Custo total, R\$</b>	<b>%</b>
Preparação da matéria prima	4,5	27	0,48	12,96	41,0%
Aquecimento da matéria-prima	1,5	18,9	0,48	9,072	28,7%
Transesterificação	2,25	3,50	0,48	1,68	5,3%
Recuperação metanol	3	12,6	0,48	6,048	19,1%
Separação de fases	5,01	0,3	0,48	0,144	0,5%
Purificação	3,3	3,6	0,48	1,728	5,5%
<b>TOTAL</b>		<b>65,9</b>		<b>31,63</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

A Tabela 4.7 apresenta informações relacionadas aos dispêndios para aquisição do catalisador. O custo do catalisador, Metilato de Sódio, foi obtido junto ao fornecedor da AFUBRA, totalizando R\$ 5,51/kg (cinco reais com cinquenta e um centavos). Considerando que cada batelada consome 5,8 Kg de catalisador, o total consumido em três bateladas é de 17,5 Kg, que a um preço de R\$ 5,51 perfaz um dispêndio diário de R\$ 96,43 (noventa e seis reais com quarenta e três centavos).

Tabela 4.7 - Custos com o elemento de despesa catalisador para três (3) bateladas

<b>Atividade</b>	<b>Custo Kg, (R\$)</b>	<b>Quantidade (Kg)</b>	<b>Custo total, R\$</b>	<b>%</b>
Transesterificação	5,51	17,5	96,43	100
<b>TOTAL (R\$)</b>			<b>96,43</b>	<b>100</b>

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Os custos diários com resina foram calculados tomando como base na a vida útil dos 80 Kg de resina, necessárias para completar as duas colunas de purificação, que é de 80.000 litros de biodiesel processado. Contudo, a cada 80.000 litros apenas em uma coluna é substituída a resina, sendo repostos apenas 40 kg. Sendo assim na próxima substituição retirada a resina mais antiga. Desta forma o custo de uma carga de resina é de R\$ 0Kg\*50 R\$/Kg = R\$ 2.000,00, que dividido pelo volume de biodiesel que pode ser processado resulta em R\$ 0,025 por litro de biodiesel processado (R\$ 2.000,00/80.000,0 litros = R\$0,025/litro). Considerando que cada batelada produz 204 litros de biodiesel, e são realizadas três bateladas

dia, o custo total diário com resina é de R\$ 15,30 (3bateladas\*204litros\*R\$ 0,025) (Tabela 4.8).

Tabela 4.8 - Custos com o elemento de despesa Resina para três (3) bateladas

<b>Atividade</b>	<b>R\$ /Litro</b>	<b>Volume Produzido, litros</b>	<b>Custo total, R\$</b>	<b>%</b>
Purificação	0,025	612	15,30	100
<b>TOTAL (R\$)</b>			<b>15,30</b>	<b>100</b>

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Para a depreciação dos equipamentos e do prédio seguiu-se a Instrução Normativa SRF nº 162 de 31 de dezembro de 1998 (BRASIL, 1998), para determinação do prazo de vida útil e taxa anual de depreciação. O custo do prédio de 100 m<sup>2</sup> foi calculado tomando como base o CUB/RS mês de dezembro de 2015 (R\$ 680,47/m<sup>2</sup>), acrescido de R\$ 16.753,0 para instalações elétricas, totalizando R\$ 84.800,00. Dessa forma o custo por atividade do prédio foi definido como base na área utilizável da instalação, por cada atividade, levando em consideração 25 anos (vinte e cinco) para depreciação, cinco dias de operação (segunda a sexta-feira), 10 horas por dia, 264 dias por ano, totalizando 2.640 horas ano de operação.

O valor da depreciação por hora de operação e por metro quadrado foi de R\$ 0,0128 (R\$ 84.400/(25 anos \* 2640 horas/ano\*100m<sup>2</sup>). Considerando 10 horas de operação por dia a depreciação diária do prédio é de R\$ 0,128 por metro quadrado. Multiplicando a área ocupada para a realização das atividades pelo custo do metro quadrado diário (R\$ 0,128) determina-se a parcela de contribuição da depreciação do prédio para a respectiva atividade.

Os valores de depreciação do prédio para cada uma das atividades estão apresentados na tabela 4.9. Verifica-se que a depreciação do prédio apresenta um custo diário de R\$ 12,80 (doze reais com oitenta centavos) para a realização de três bateladas. Entre as atividades a preparação da matéria-prima foi a que apresentou maior custo, com 54%, pois esta é a atividade que mais ocupa espaço físico, devido principalmente à necessidade de armazenamento dos contêineres contendo a matéria-prima a ser processada. As atividades que menos contribuíram com o custo de depreciação do prédio foram separação de fases com 16%, seguido por recuperação do metanol (8%), transesterificação (8%), aquecimento da matéria-prima (7%) e purificação (7%).

Tabela 4.9 - Custos com o elemento de despesa depreciação prédio para três (3) bateladas

<b>Atividade</b>	<b>Área ocupada, m<sup>2</sup></b>	<b>R\$, dia</b>	<b>Custo total, R\$</b>	<b>%</b>
Preparação da matéria prima*	54	0,128	6,91	54
Aquecimento do óleo	7	0,128	0,89	7
Transesterificação	8	0,128	1,02	8
Recuperação metanol	8	0,128	1,02	8
Separação de fases	16	0,128	2,04	16
Purificação	7	0,128	0,89	7
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>		<b>12,80</b>	<b>100,00</b>

Nota: \* Acrescido custo de armazenagem.

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Para definir a contribuição da depreciação dos equipamentos no custo de produção do biodiesel foi definido em dez (10) anos o tempo de depreciação de todos os equipamentos empregados no processo. A Tabela 4.10, apresenta o valor dos equipamentos utilizados em cada uma das atividades do processo elencadas neste trabalho, bem como os valores da depreciação anual e diária. Para calcular a depreciação diária dos equipamentos em cada setor foi considerado: tempo de operação diária de 10 horas, 22 dias de operação por mês e 12 meses de operação, totalizando 2.640 horas de operação por ano. O valor da depreciação diária foi obtido dividindo o valor da depreciação anual pelo número de horas possíveis de operação de cada equipamento (R\$ depreciação anual/2.640 horas). Verificou-se que o custo total diário com a depreciação dos equipamentos é R\$ 10,04 (dez reais e quatro centavos), a contribuição de cada uma das atividades no custo final é relativamente próxima.

Tabela 4.10 - Custo e depreciação dos equipamentos

<b>Atividades</b>	<b>Custo equipamento, R\$</b>	<b>Depreciação</b>		<b>%</b>
		<b>Ano, R\$</b>	<b>Dia, R\$</b>	
Preparação da matéria prima	50.000,00	5.000,00	1,89	18,9
Aquecimento óleo	36.000,00	3.600,00	1,36	13,6
Transesterificação	50.000,00	5.000,00	1,89	18,9
Recuperação metanol	50.000,00	5.000,00	1,89	18,9
Decantação	34.000,00	3.400,00	1,29	12,8
Purificação	45.000,00	4.500,00	1,70	17,0
<b>TOTAL</b>			<b>10,04</b>	<b>100,0</b>

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Pode-se constatar no Quadro 4.7, que para a execução de todas as atividades diárias inerentes a produção de biodiesel monta em R\$ 235,40 (Duzentos e trinta e cinco reais e quarenta centavos), fazendo com que o custo total de processamento para a produção de um litro de biodiesel em uma pequena unidade de produção seja de R\$ 0,39 (trinta e nove centavos de real) ( $R\$ 235,40/612 \text{ litros} = R\$ 0,39$ ).

Constatou-se que, dentre as atividades do processo a que mais consome recursos é a de transesterificação, etapa onde o óleo de soja é transformado, pela ação do catalisador, em biodiesel, representando consumo diário de R\$ 109,03 e 46,3% do custo total do processo. Dentro desta atividade o elemento de despesa que mais contribuiu foi a aquisição do catalisador, representando 88,4% do total. A mão de obra representou 8,01% dos dispêndios e os demais itens contribuíram com menos de 2% dos dispêndios. Não foi encontrado relato na literatura, relativo a contribuição individual do catalisador no custo final de processamento do biodiesel, para efeitos de comparação dos resultados.

A segunda atividade que mais contribuiu no custo de processamento foi a preparação da matéria prima, com dispêndios diários de R\$ 37,79, representando 16,1% dos custos totais. Dentre os elementos de despesa o que mais contribuiu com os dispêndios nesta atividade foi a mão de obra, representando 42,4%, seguido da energia elétrica com 34,3%. Já a depreciação do prédio, contribuiu com 18,3% dos dispêndios e a depreciação de equipamentos com 5,0%. A grande contribuição da mão de obra nesta atividade se justifica pelo fato da transferência da matéria-prima dos containers para a mesa de filtração/secagem ser realizada de forma manual, sem auxílio de mecanização. O elevado dispêndio com energia elétrica decorre do fato de que o aquecimento do óleo, para remoção de umidade, é realizado empregando resistências elétricas. A grande área ocupada pelo estoque de matéria-prima justifica a contribuição com depreciação do prédio.

A terceira atividade que mais contribuiu com o custo total de processamento foi a purificação do biodiesel, visando a remoção de cátions sódio, com R\$ 30,92, representando 13,1% dos custos totais. Dentro desta atividade os elementos de despesa que mais contribuíram com o dispêndio foram a aquisição da resina, representando 48,0% do total, e da mão de obra com 38,0% do total. Os demais elementos representam menos de 6% do total de dispêndios nesta atividade.

A atividade de separação de fases apresentou um dispêndio diário de R\$ 21,31, representando 9,1% dos custos totais do processo. O elemento de despesa que mais contribuiu com esta atividade foi a mão de obra, representando 83,7% do total.

Já a recuperação do metanol representou um custo diário de R\$ 19,65, representando 8,3% dos custos totais do processo, sendo que os elementos de despesa que mais contribuíram foram a mão de obra com 54,4% e a energia elétrica, com 30,8% do total. Considerando que em cada batelada são recuperados 6,5 litros de etanol a quantidade diária recuperada foi de 19,5 litros, o que representa um custo de R\$ 1,0 (um real) por litro de metanol. Como o custo de aquisição de um litro de metanol está na ordem de R\$ 2,25 conta-se que é vantajosa financeiramente a recuperação do metanol não reagido.

A atividade com menor representatividade no custo de processamento para produção de biodiesel foi o aquecimento da matéria prima, com 7,1%, cujo elemento de despesa que mais contribuiu foi à energia elétrica e mão de obra, com 54,4% e 32,0% dos custos totais desta atividade. A utilização de aquecimento por resistências elétricas justifica a elevada contribuição da energia elétrica.

Quadro 4.7 - Distribuição dos custos no processamento para três (3) bateladas

<b>Atividades</b>	<b>Mão de obra</b>	<b>Energia elétrica</b>	<b>Depreciação equipamentos</b>	<b>Catalisador</b>	<b>Resina</b>	<b>Depreciação das instalações (prédio)</b>	<b>Total (R\$)</b>	<b>% por atividade</b>
Preparação da matéria prima	16,03	12,96	1,89			6,91	37,79	16,1%
% da atividade	42,4%	34,3%	5,0%	0,0%	0,0%	18,3%	100%	
Aquecimento da matéria-prima	5,34	9,072	1,36			0,89	16,66	7,1%
% da atividade	32,0%	54,4%	8,2%	0,0%	0,0%	5,3%	100%	
Transesterificação	8,01	1,68	1,89	96,43		1,02	109,03	46,3%
% da atividade	7,3%	1,5%	1,7%	88,4%	0,0%	0,9%	100%	
Recuperação metanol	10,69	6,048	1,89			1,02	19,65	8,3%
% da atividade	54,4%	30,8%	9,6%	0,0%	0,0%	5,2%	100%	
Separação das Fases	17,84	0,144	1,29			2,04	21,31	9,1%
% da atividade	83,7%	0,7%	6,1%	0,0%	0,0%	9,6%	100%	
Purificação	11,75	1,728	1,7		14,85	0,89	30,92	13,1%
% da atividade	38,0%	5,6%	5,5%	0,0%	48,0%	2,9%	100%	
<b>TOTAL (R\$)</b>	<b>69,7</b>	<b>31,6</b>	<b>10,0</b>	<b>96,4</b>	<b>14,9</b>	<b>12,8</b>	<b>235,4</b>	<b>100,0%</b>
% por elemento de despesa	29,6%	13,4%	4,3%	41,0%	6,3%	5,4%	100%	

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Contudo, para determinar o custo total de produção do biodiesel devem-se acrescentar os dispêndios realizados com aquisição de matérias-primas, metanol e gorduras residuais (OGR). Este custo será apresentado no item subsequente a determinação do custo de processamento.

#### 4.5 DETERMINAÇÃO DO CUSTO TOTAL DE PRODUÇÃO

Para a realização de três bateladas diárias são consumidos 600 litros de OGR. O consumo efetivo de metanol por batelada foi de 17,2 Kg (balanço de massa), que corresponde a 21,8 litros (17,2Kg/0,79 Kg/litro), perfazendo um consumo total de 65,4 litros em três bateladas. Considerando um custo de R\$ 2,25 por litro, o dispêndio com metanol nas três bateladas foi de R\$ 147,5. A tabela 4.5 apresenta o resultado do preço final do biodiesel considerando diferentes preços para o OGR e incluindo também o custo de produção utilizando óleo degomado e sebo bovino. O custo total foi calculado pela seguinte fórmula: (Custo Total = Custo do óleo + Custo metanol + Custo processamento). O preço por litro foi obtido dividindo o custo total por 612, volume de biodiesel obtido nas três bateladas.

Considerando um custo de R\$ 0,20 por litro de óleo, preço atualmente pago pela AFUBRA aos colégios e demais entidades que recolhem o óleo o custo final de produção de um litro de biodiesel, sem impostos, ficou em R\$ 0,82 (oitenta e dois centavos de real) dos quais 46,8% corresponde à contribuição do processamento e 53,2% com aquisição de matéria-prima (29,3% do metanol e 23,9% do óleo) (Quadro 4.7). Elevando o preço pago ao OGR ocorre elevação na contribuição das matérias-primas e redução da contribuição dos custos com processamento.

Como comparação, utilizou-se o preço pago ao óleo de soja degomado (Cotação 08/02/2016 <http://biomercado.com.br/>), em torno de R\$ 3,08 o litro, o preço de produção do biodiesel sobe para R\$ 3,64 (três reais e sessenta e quatro centavos), dos quais apenas 10,6% é contribuição do processamento e 89,4% das matérias-primas, sendo 80,4% contribuição com aquisição do óleo e 6,6% com aquisição do metanol. Com a utilização de sebo bovino o custo final de produção fica em torno de R\$ 3,19 (três reais e dezanove centavos), sendo que a contribuição do processamento ficou em 12% e a de matérias-primas em 88,0%, sendo 80,4% com aquisição da fonte de ácido graxo e 7,5% com aquisição do metanol (Quadro 4.8).

Quadro 4.8 - Custo final de produção de 612 litros de biodiesel

<b>Matéria-Prima</b>	<b>Preço litro, R\$</b>	<b>Custo total óleo, R\$</b>	<b>Custo total, R\$</b>	<b>R\$ Litro de biodiesel</b>	<b>% Matéria-prima</b>	<b>% Processamento</b>
OGR	0,2	120	502,6	0,82	53,20%	46,8%
OGR	0,4	240	622,6	1,02	62,20%	37,8%
OGR	0,6	360	742,6	1,21	68,30%	31,7%
OGR	0,8	480	862,6	1,41	72,70%	27,3%
OGR	1	600	982,6	1,61	76,10%	24,0%
OGR	1,2	720	1102,6	1,80	78,60%	21,4%
OGR	1,4	840	1222,6	2,00	80,70%	19,3%
Óleo soja degomado	3,08	1848	2230,6	3,64	89,40%	10,6%
Sebo bovino	2,62	1572	1954,6	3,19	87,90%	12,0%

Custo do metanol = R\$ 147,15; custo processamento = 235,40.

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Os resultados encontrados são inferiores aos apresentados por Fiorese et al., (2011). Em seu trabalho o autor utilizou diferentes matérias-primas para produção de biodiesel, chegando ao custo final R\$ 2,01/litro de biodiesel utilizando sebo bovino, R\$ 2,20/litro com óleo de frango, R\$ 3,23/litro com óleo de soja e R\$ 3,34/litro utilizando óleo de girassol como matéria-prima para produção de biodiesel.

Outro ponto importante a mencionar é a baixa contribuição da matéria-prima óleos e gorduras residuais OGR no custo final de produção. Isso se dá, em função da utilização de óleos e gorduras residuais (OGR), ao invés da utilização de óleo de soja degomado, como citado nos relatórios da Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais - ABIOVE (2006), Zhang et al. (2003), Zonin (2008) e Fiorese et al. (2011), comprovado pelo Quadro 4.8 acima.

#### 4.6 ANÁLISE DE DE INVESTIMENTO

A abordagem envolveu a concepção de uma pequena unidade industrial modelo UB 1000 para a produção de biodiesel, utilizando Óleos e Gorduras Residuais (OGR) como matéria-prima. A análise está separada em quantidade de matéria-prima disponível no município de Santa Maria, plano de investimento, custos de produção (fixos e variáveis), análise econômico-financeira e análise de cenários.

Em trabalho realizado no ano de 2008, Castellaneli (2008) constatou que a quantidade mensal de OGR gerada por habitante no Bairro centro de Santa Maria ficou na ordem de 0,21 litros. Considerando dados do IBGE (2010) Santa Maria possui 261.031 habitantes. Assim, estima-se um descarte na ordem de 54.816 litros por mês de óleos e gorduras residuais para o município. Desse volume segundo dados da Recóleo, aproximadamente 22.000 litros são coletados por empresas recicladoras, restando uma quantidade não recolhida na ordem de 33.000 litros.

Considerando uma unidade de produção com capacidade de 600 litros dia de OGR, durante 22 dias por mês a quantidade necessária de matéria-prima fica na ordem de 13.200 litros, sendo necessária uma população de aproximadamente 60.000 habitantes para gerar a quantidade de óleo residual necessária para um mês de processamento.

##### 4.6.1 Custo de investimento

Os investimentos necessários para a implantação de uma unidade de produção de biodiesel envolvem investimento na aquisição de equipamentos para a unidade industrial e espaço físico para alocação dos equipamentos, estocagem da matéria prima e produto acabado.

A Tabela 4.11, apresenta todos os itens e respectivos dispêndios para aquisição dos itens necessários à implantação da unidade de produção de biodiesel com capacidade, segundo o fabricante, de produção de 1000 litros dia. O custo estimado para a implantação do projeto é de R\$ 420.030,20 (quatrocentos e vinte mil, trinta reais e vinte centavos), envolvendo a aquisição de uma usina de biodiesel modelo UB-1000, com capacidade de 1000 litros/dia, construção de 150 m<sup>2</sup>, galões para coleta de óleo residual, bomba de abastecimento, tanque de combustível de 5.000 litros e capital de giro capaz de cobrir as despesas com os custos variáveis e custos fixos desembolsáveis durante um mês de operação.

Tabela 4.11 - Custo de investimento para produção de biodiesel

<b>Especificações</b>	<b>Valor unitário (R\$)</b>	<b>Custo total (R\$)</b>
Usina UB 1.000	R\$ 265.000,00	R\$ 265.000,00
Construção de 150 m <sup>2</sup> (prédio)	R\$ 120.000,00	R\$ 120.000,00
Tanque de combustível 5.000 L	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00
Bomba de abastecimento	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00
Galões de 60 litros	R\$ 40,00	R\$ 8.000,00
Capital de Giro	R\$ 11.030,20	R\$ 11.030,20
<b>Total (R\$)</b>		<b>R\$ 420.030,20</b>

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

O valor para aquisição dos equipamentos e montagem da Usina de biodiesel foi fornecido pela empresa Biotechnos, localizada no município de Santa Rosa, RS. Já os custos do prédio 150 m<sup>2</sup>, tanque de combustível, bomba de abastecimento e galões foram fornecidos pela empresa Limana Polisserviços. Contudo, esse custo inicial com a compra da Usina UB1000, construção do prédio e demais itens para implementação do projeto poderá ser menor, através de uma pesquisa de mercado e licitações, ocorrendo uma diminuição dos custos. Outra possibilidade se dá através da empresa ou instituição já possuir um espaço para instalação da Usina (prédio 150 m<sup>2</sup>), diminuindo os custos iniciais.

#### **4.6.2 Custos de Produção**

Os custos de produção anuais são divididos em custos fixo e custos variáveis. Sendo os custos fixos aqueles que não sofrem alteração de valor em caso de aumento ou diminuição da produção, independem do nível de atividade, conhecidos também como custo de estrutura. Para os custos fixos foi considerado um funcionário e uma pequena contribuição de 1,3% para manutenção dos equipamentos, gerando um custo anual de R\$ 23.228,80 (vinte e quatro mil, e dezenove reais com setenta e dois centavos) (Tabela 14.12).

Tabela 4.12 - Custos Fixos anuais

<b>Descrição</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Total (R\$)</b>
Equipe (encargos)	1 Funcionário	17.608,80
Manutenção	1,3	5.620,00
<b>Total (R\$)</b>		<b>23.228,80</b>

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Já os custos variáveis são classificados como despesas que variam proporcionalmente de acordo com o nível de produção ou atividades do projeto. Foi tomado como base o processamento de 158.400 litros anos (13.200l X 12 meses = 158.400). Sendo considerados três horizontes, na Tabela 4.13, considerados os custos para produção de biodiesel utilizando OGR como matéria-prima (R\$ 0,20/litro). O total dos custos variáveis somaram-se R\$ 113.259,80.

Tabela 4.13 - Custos variáveis anuais utilizando OGR como matéria-prima

<b>Descrição</b>	<b>Valor total, R\$,</b>
OGR (158.400 Lx 0,20)	31.680,00
Metanol (18.216 L)	38.847,60
Catalisador (4.752 L)	25.456,20
Resina de purificação	3933,60
Energia Elétrica	8.342,40
Coleta de óleo	5.000,00
<b>TOTAL (R\$)</b>	<b>113.259,80</b>

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Já na Tabela 4.14, foram considerados os custos para produção de biodiesel com óleo de soja (R\$ 3,08/Litro) e na Tabela 4.15, considerando os custos em função do preço do sebo bovino (R\$ 2,62/Litro) (<http://biomercado.com.br/>).

Tabela 4.14 - Custos variáveis anuais utilizando óleo de soja como matéria-prima

<b>Descrição</b>	<b>Valor total, R\$</b>
Óleos de soja (158.400L x 3,08)	487.872,00
Metanol (18.216 L)	38.847,60
Catalisador (4.752 L)	25.456,20
Resina de purificação	3933,6
Energia Elétrica	8.342,40
<b>TOTAL (R\$)</b>	<b>564.451,80</b>

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Tabela 4.15 - Custos variáveis anuais utilizando sebo bovino como matéria-prima

<b>Descrição</b>	<b>Valor total, R\$</b>
Óleos de soja (158.400L x 2,62)	415.008,00
Metanol (18.216 L)	38.847,60
Catalisador (4.752 L)	25.456,20
Resina de purificação	3933,6
Energia Elétrica	8.342,40
<b>TOTAL (R\$)</b>	<b>491.587,80</b>

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Verifica-se que os custos variáveis incididos na Tabela 4.13 devido à utilização de OGR como matéria-prima totalizam R\$ 113.259,80, sendo esse inferior em comparação aos processos que utilizaram óleo de soja degomado (R\$ 564.451,80) e sebo bovino (491.587,80) e. Ressalta-se que este custo pode sofrer algumas variações ditadas pelo mercado, como é o caso do óleo e gorduras residuais pela lei de oferta e demanda, como também, variações ditadas pelo poder público com elevação no custo de energia elétrica, impostos e combustível.

#### **4.6.3 Análise econômico-financeira**

Foram calculados três fluxos de caixa, sendo o fluxo de caixa 1 (APÊNDICE B) utilizando OGR como matéria-prima, o fluxo de caixa 2 (APÊNDICE C) com óleo de soja, e o fluxo de caixa 3 (APÊNDICE D) utilizando sebo bovino como matéria-prima. Foram consideradas as despesas referentes ao investimento do projeto, despesas de produção e demais despesas (mão de obra e outros). As entradas de caixa foram estimadas utilizando o preço médio de R\$ 2.99, pago pelo diesel na cidade de Santa Maria no mês de janeiro de 2016, considerando que as instituições, órgãos públicos do município, cooperativas, empresas de transporte público entre outros irão desembolsar recursos orçamentários para compra de combustível diesel que será utilizado na alimentação das máquinas e equipamentos de ciclo diesel.

Para avaliação dos projetos de investimento foi utilizado o prazo de retorno do investimento (payback), tendo como período máximo de retorno cinco anos, Taxa Interna de Retorno (TIR), e pelo Valor Presente Líquido (VPL) (CASAROTTO; KOPPITKE, 2000), utilizando a taxa SELIC de 14,15% como taxa de desconto (BRASIL, 2016).

Verifica-se no Quadro 4.9, quando utilizado OGR como matéria-prima para produção de biodiesel, o projeto de investimento apresenta-se rentável com Taxa Interna de Retorno (TIR) de 79%, sendo essa superior à taxa de desconto, apresentando assim, Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 781.351,67 (setecentos e oitenta e um mil com trezentos e cinquenta e um reais com setenta e sete centavos) e tempo de recuperação de 1,41 anos, devendo ser aceito pelo investidor. No entanto, quando utilizado óleo de soja e sebo bovino como matéria-prima o projeto de investimento apresenta resultado negativo devendo ser rejeitado pelo investidor.

Quadro 4.9 - Análise de investimento, TIR, VPL e Payback em função da matéria-prima

<b>Matéria prima</b>	<b>TIR, %</b>	<b>VPL, R\$</b>	<b>Payback, anos</b>	<b>Conclusão</b>
OGR	79%	R\$ 781.351,67	1,41	Aceita-se
Óleo de soja	-	(R\$762055,6)	-	Não se aceita
Sebo bovino	-	(R\$ 512.806,76)	-	Não se aceita

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

O projeto de investimento apresentando no fluxo de caixa 1, apresenta-se rentável em função da utilização de OGR, tendo preço de custo de vinte centavos de real (R\$ 0,20), significativamente menor em comparação ao preço do óleo de soja (R\$ 3,09) e do sebo bovino (R\$ 2,62).

Dessa forma, na próxima seção será apresentada uma análise de cenário, aumentando progressivamente o preço de custo da matéria-prima, com a função de verificar os rendimentos em função do aumento do custo da matéria-prima.

#### **4.6.4 Análise de cenários**

Nesta seção analisa-se a viabilidade econômico-financeira do empreendimento em função da variação do preço da matéria-prima OGR no preço final do biodiesel. As entradas de caixa foram novamente calculadas com a venda do biodiesel considerando o preço médio de R\$ 2,99. Verifica-se no Quadro 4.10, que o projeto de produção de biodiesel utilizando OGR como matéria-prima para pequenos empreendimentos é viável econômico-financeiro até o preço de R\$ 1,60/litro de OGR.

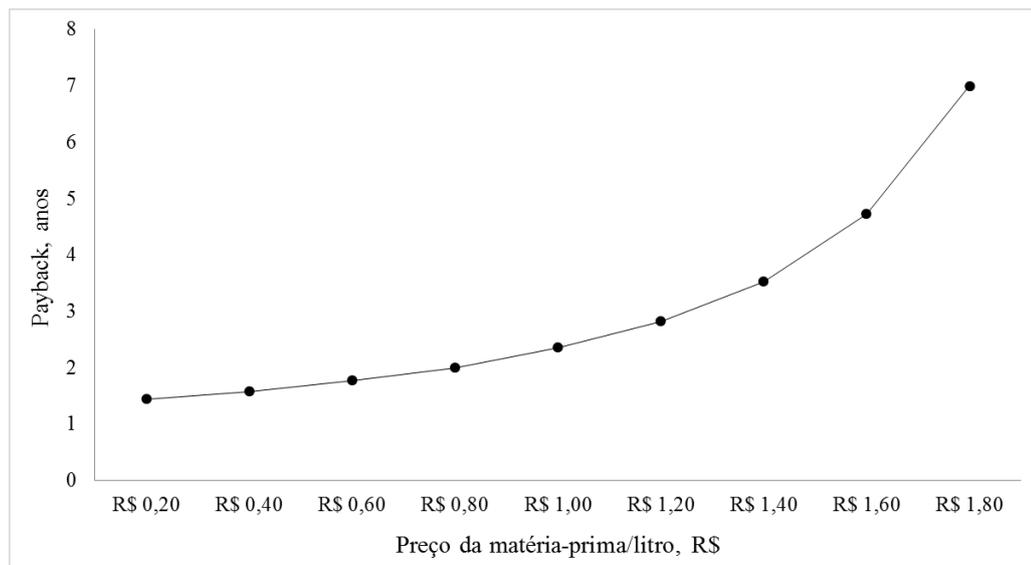
Quadro 4.10 - Viabilidade econômico-financeira em função da variação do preço do OGR

OGR, R\$/Litro	TIR, %	VPL, R\$	Payback, anos	Conclusão
0,2	79	781.351,67	1,41	Aceita-se
0,4	70,81	672986,11	1,56	Aceita-se
0,6	62,4	564.617,05	1,75	Aceita-se
0,8	53,9	456.247,99	1,9	Aceita-se
1	45	347.878,93	2,03	Aceita-se
1,2	36	239.509,87	2,79	Aceita-se
1,4	26,5	131.140,81	3,5	Aceita-se
1,6	16,3	22.771,75	4,7	Aceita-se
1,8	5,2	(85.597,31)	-	Não aceita-se

Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

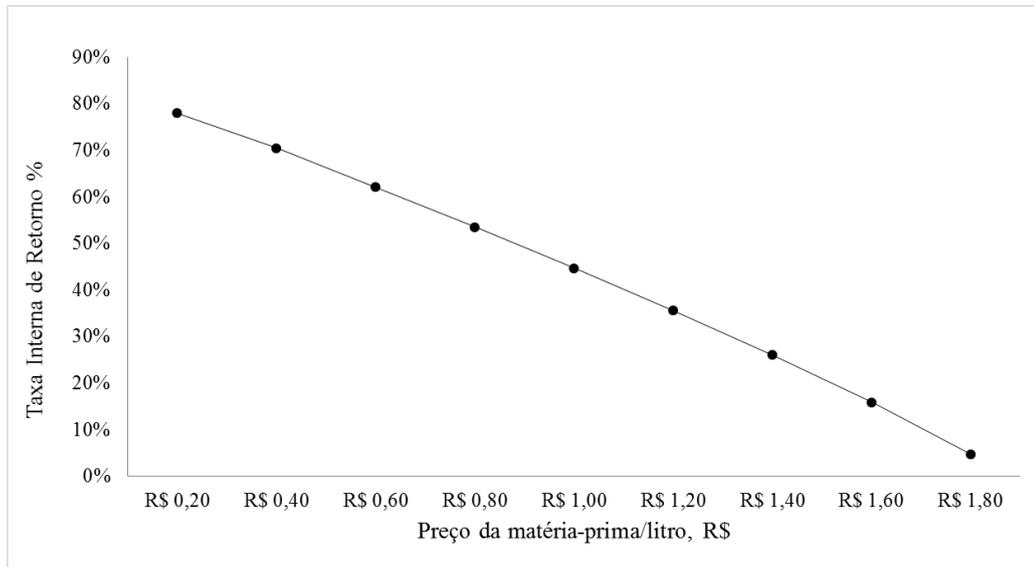
Através dos resultados constata-se que quanto maior for o custo da matéria-prima maior será o tempo de recuperação de capital (Figura 4.11) e inversamente será o retorno do investimento (Figuras 4.12 e 4.13).

Figura 4.11 - Payback em função do preço do litro do OGR



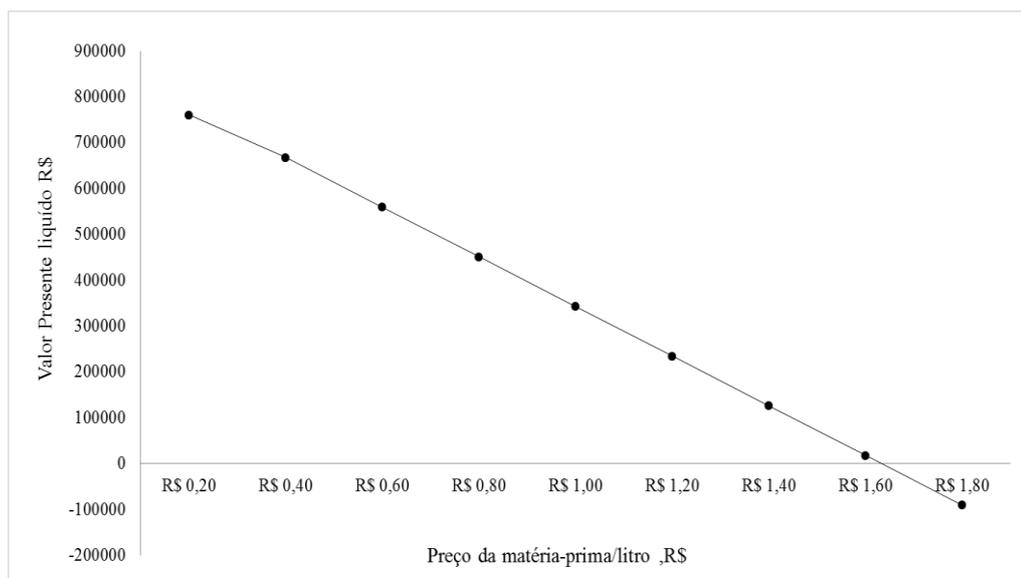
Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Figura 4.12 - Taxa Interna de Retorno em função do preço do litro do OGR



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Figura 4.13 - Valor Presente Líquido em função do preço do litro do OGR



Fonte: (Elaborado pelo Autor, 2015).

Dessa forma, verifica-se que o projeto de investimento de produção de biodiesel em uma pequena unidade industrial, empregando óleos e gorduras residuais (OGR) como matéria-prima mostra-se viável do ponto de vista econômico-financeiro até o preço de custo de R\$ 1,60 por litro de matéria-prima. Pois o tempo de recuperação do investimento é baixo, além de que se observa que a matéria-prima poderá ter um aumento de 800% ainda assim apresentará retorno de viabilidade econômico-financeiro.

#### 4.7 ANÁLISE AMBIENTAL

Entre os benefícios ambientais com a implantação e funcionamento da pequena unidade de produção de biodiesel utilizando OGR como matéria-prima, pode-se citar a não utilização de água potável para purificação da corrente de biodiesel para a remoção de álcalis presentes na mesma, mas utiliza resina de troca catiônica. Nos processos convencionais o consumo fica na ordem de 10 litros de água por litro de biodiesel produzido (DEMIRBAS, 2003; SALEH; TREMBLAY; DUBÉ, 2010). Assim, a tecnologia empregada neste processo pode ser considerado um ganho ambiental pois evita o consumo diário de aproximadamente 6.000 litros de água.

O segundo ganho ambiental está relacionado a utilização da matéria-prima OGR, ao evitar o lançamento desse resíduo no meio ambiente. O processamento de um dia (600 litros de OGR) evitou a contaminação de aproximadamente 120 mil litros de água potável, caso esse resíduo fosse despejado no meio ambiente. Em um ano evita-se a contaminação de aproximadamente 3,2 bilhões de litros de água potável. Considerando o consumo *per capita* de água no município de Santa Maria, que fica na ordem de 125 litros/dia, impactaria na contaminação da água consumida por 1.000 habitantes.

Outro parâmetro ambiental a ser citado é a diminuição das emissões de gás carbônico (78,45%), materiais particulados e hidrocarbonetos liberados durante o processo de combustão do biodiesel produzido a partir de OGR, pois esta matéria-prima é obtida a partir de fonte renovável (biomassa), proporcionando um ciclo fechado de carbono (SHEEHAN et al., 1998). Na mesma linha de raciocínio Zhang et al. (2003), cita que o uso do biodiesel apresenta um perfil de emissões de combustão mais favorável em comparação ao diesel, sendo o dióxido de carbono liberado e reciclado por meio de fotossíntese, minimizando assim o impacto da combustão no efeito estufa quando utilizado biodiesel na alimentação dos motores.

Para Labeckas e Slavinskas (2006), o biodiesel quando utilizado em mistura de até 20%, proporciona um aumento na eficiência de combustão, resultando em economia de combustível sem gerar impactos no desempenho no veículo.

Entre outras vantagens do biodiesel podemos citar a sua biodegradabilidade, alto ponto de fulgor, e lubricidade, ajudando a reduzir as importações de petróleo (DEMIRBAS, 2009). Somados a menores riscos de manuseio, transporte e armazenamento de biodiesel se comparados ao diesel, sendo seguro de manusear e transportar porque é biodegradável (DEMIRBAS, 2007).

Dessa forma, verifica-se que o processo de produção de biodiesel em uma pequena unidade industrial, empregando óleos e gorduras residuais (OGR) como matéria-prima apresenta inúmeros ganhos ambientais, transformando o insustentável em sustentabilidade.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A unidade de produção de biodiesel atualmente opera utilizando em cada batelada um montante de 6 kg de metilato de sódio como catalisador, que representa 3% da em matéria-prima (OGR), valor esse relativamente elevado, se comparado o que é empregado em processo de larga escala (indústria), que varia de 1% a 2% (LEUNG; GUO, 2006). Essa redução na quantidade de metilato de sódio permitiria uma redução considerável no custo total de processamento, diminuindo o custo final por litro de biodiesel.

Outro parâmetro importante a ser considerado é o tempo despendido na etapa de transesterificação, atualmente são necessárias 0,75 horas, sendo que é possível reduzir esse para 0,5 horas, sem que afete nos rendimentos finais do processo (LEUNG; GUO, 2006) e reduzindo assim os custos energéticos do processo.

Dentre os parâmetros de produto definidos pela ANP o único que está em desacordo é o teor de água, parâmetro esse que pode ser reduzido pela implantação de uma nova coluna de polimento seletiva, para remoção dessa umidade presente na corrente de biodiesel.

Com a utilização de óleos e gorduras residuais (OGR) verifica-se que o custo de produção total por litro de biodiesel variou de R\$ 0,82 para um custo de R\$ 0,20 por litro de matéria-prima (OGR), até R\$ 2,00/litro para um custo de R\$ 1,40 por litro de matéria-prima (OGR), sendo esses custos inferiores ao preço médio de R\$ 2,56 pago no 47º leilão realizado pela ANP no mês de fevereiro de 2016. No entanto, quando utilizado óleo de soja degomado e/ou sebo bovino o custo de produção é superior ao preço médio pago no 47º leilão realizado pela ANP. Para o óleo de soja degomado o preço de produção do biodiesel fica em R\$ 3,64, em função do alto custo da matéria-prima óleo de soja degomado. A mesma situação é verificada com a utilização de sebo bovino, chegando a um custo de R\$ 2,62 por litro de biodiesel. Tais resultados vão ao encontro dos relatados por Zhang et al. (2003), ABIOVE (2006), Zonin (2008) e Fiorese et al., (2011). Dessa forma fica evidente a inviabilidade do processo utilizando as matérias-primas óleo de soja e sebo bovino para essa unidade de produção, pois o custo por litro de biodiesel é superior ao valor pago pela ANP (R\$ 2,56/litro de biodiesel). Sendo necessário reduzir ao máximo os custos de processamento.

Dessa forma verifica-se que os custos relativos à produção de biodiesel em pequena escala de produção, utilização de OGR como matéria-prima foram superados, deixando de ser um gargalo para o desempenho das pequenas unidades de produção.

Verifica-se através da análise de investimentos, que o projeto de implantação de uma pequena unidade de produção, mostra viável economicamente, sendo que ao custo de R\$ 0,20

(vinte centavos de real) por litro de OGR, o projeto apresenta retorno do capital em 1,41 anos, proporcionando um VPL positivo de R\$ 781.351,67 (setecentos e oitenta e um mil com trezentos e cinquenta e um reais com setenta e sete centavos), indica que o projeto irá proporcionar um retorno acima do exigido em função do risco, o que é comprovado pela TIR de 79% ao ano. Contudo, esse retorno econômico-financeiro pode ser maior, se considerarmos que essa matéria-prima OGR seja entregue sem nenhum custo.

Desta forma verifica-se a possibilidade de investimentos em pequenas unidades de produção de biodiesel empregando OGR como matéria-prima como alternativas para instituições, órgãos públicos, cooperativas, transporte público entre outros. Sendo que em função da alta margem de retorno encontrada constata-se a possibilidade de implantação em cidades menores com até 3.000 habitantes que conseqüentemente apresentam menor geração de matéria-prima (OGR) mensal, mantando-se ainda rentáveis economicamente apresentando Taxa Interna de Retorno (TIR) de 25,3%, sendo essa superior a taxa de desconto utilizada (TMA 14,15%).

Mas as vantagens com a utilização dessa matéria-prima podem ainda ser ampliadas, se observada sob a perspectiva da sustentabilidade, pois a operação de escopo pode proporcionar ganhos em escala. Evidencia-se isso ao se evitar o descarte de um resíduo de difícil degradação e altamente poluidor do meio ambiente, diminuindo a contaminação de rios, lagos e evitando a obstrução das redes de esgoto. Aliada a geração de emprego e renda com a articulação da cadeia de coleta e reciclagem, e ao final do processo disponibilizar um combustível de fonte renovável e limpa, minimizando as emissões de monóxido de carbono, dióxido de carbono, materiais particulados e hidrocarbonetos não queimados na combustão.

Entre as limitações da pesquisa cita-se o número reduzido de bateladas, dificuldade de generalização dos resultados obtidos para outras unidades de produção, em função da capacidade de produção de cada equipamento, sendo necessário ampliar os estudos para unidades de menor capacidade de processamento dia.

Para finalizar, sugerem-se como trabalhos futuros, possíveis métodos que possibilitem equacionar além das variáveis econômicas, as variáveis ambiental e social na produção de biodiesel. Ainda, sugere-se estudar novas resinas de troca iônica para purificação dos ésteres de forma a superar os problemas de excesso de umidade do processo atual.

## 6 CONCLUSÃO

Dos resultados foi possível constatar que a pequena unidade de produção de biodiesel apresentou rendimento de 97,6% em massa por batelada, sendo que dos 186,2 kg de matéria-prima (OGR) obteve-se 181,4 kg de biodiesel, ou seja 204 litros. O mesmo apresentou taxa de conversão em ésteres de 99% para Razão Molar Metanol/Óleo de 4,0 :1; e 3% de Metilato de Sódio como catalisador. Como subproduto foi gerado 27,3 kg de glicerina bruta, que representa 13%. Ao final do processo verifica-se também que foi recuperado 6,5 kg de metanol, diminuindo assim o custo final do produto.

O custo final de produção de um litro de biodiesel, sem impostos, ficou em R\$ 0,82 (oitenta e dois centavos de real) dos quais R\$ 0,38 (trinta e oito centavos de real) foi com o custo de processamento, representado 46,8% do total dos custos e R\$ 0,44 (quarenta e quatro centavos de real) com o custo com matéria-prima OGR e Metanol, representando 23,9% e 29,3% respectivamente. Do custo com matéria-prima R\$ 0,20 (vinte centavos de real) foi dispendido com OGR e R\$ 0,24 (vinte e quatro centavos de real) com metanol, representando 45% e 55% respectivamente, sendo esse valor inferior se comparado a outras matérias-primas residuais referenciadas no trabalho.

Pelo método de custeio ABC constatou-se que, dentre as atividades do processo a que mais consome recursos é a de transesterificação, etapa onde o óleo de soja é transformado, pela ação do catalisador, em biodiesel, representando consumo diário de R\$ 109,03 e 46,3% do custo total do processo. Dentro desta atividade o elemento de despesa que mais contribuiu foi a aquisição do catalisador, representando 88,4% do total, seguido de mão de obra (8,0%), os demais itens contribuíram com menos de 2% dos dispêndios. O catalisador foi responsável por 41% dos custos de processamento, resultando em um custo de R\$ 0,16 (dezesesseis centavos de real) por litro de biodiesel. Não foram encontrados relatos na literatura, relativo a contribuição individual do catalisador no custo final de processamento do biodiesel, para efeitos de comparação aos resultados encontrados. A segunda atividade com maior custo e a preparação da matéria prima, com dispêndios diários de R\$ 37,79, representando 16,1% dos custos totais, purificação do biodiesel, com R\$ 30,92, representando 13,1% dos custos totais. Já a atividade com menor representatividade no custo de processamento para produção de biodiesel foi o aquecimento da matéria prima, com 7,1% do custo total.

Entre os elementos de despesa que mais contribuiu para o custo de processamento foram o catalisador como já mencionado anteriormente (41%), mão de obra, com 29,6% dos

dispêndios, energia elétrica com 13,4% do custo total, os demais somam-se 16% do custo total.

A implantação da usina de biodiesel utilizando matéria-prima (OGR) a um custo de R\$ 0,20 (vinte centavos de real) é viável economicamente, pois proporcionará um retorno do capital de 1,41 anos, VPL positivo de R\$ 781.351,67 (setecentos e oitenta e um mil com trezentos e cinquenta e um reais com setenta e sete centavos), indicando que o projeto proporciona um retorno acima do exigido em função do risco, o que é comprovado pela TIR de 79% ao ano.

## REFERÊNCIAS

- ABIOVE. Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Brasil- Complexo Soja**. (2015). ABIOVE- Coordenadoria de Economia e Estatística, 2015.
- ABREU, Y. V.; OLIVEIRA, M. A. G. de; GUERRA, S. M-G. **Energia, Economia, Rotas tecnológicas**. Textos Seleccionados. Málaga, Espanha: Eumed. Net, 2010, 330 p.
- ALVARENGA, B. M.; SOARES, M. A. Potencialidade de produção de biodiesel por óleos e gorduras residuais na cidade de Itabira-MG. **Revista Ceres**. 2010, v. 57, n. 6, p. 721-729, 2010.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: ANEEL, 2008.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo. **Gás Natural e Biocombustíveis**. Produção de biodiesel - B100 por produtor - 2005-2015 (m<sup>3</sup>). 2016. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: jan. 2016.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Produção de biodiesel por matéria-prima (%)**. 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: jan. 2016.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução ANP nº 45 25.8.2014- DOU 26.8.201**. 2014. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: out. 2015.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Biocombustíveis**, 2014. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: out. 2015.
- ANTCZAK, M. S.; KUBIAK, A.; ANTCZAK, T.; BIELECKI, S.; Enzymatic biodiesel synthesis – Key factors affecting efficiency of the process. **Renewable Energy**, v. 34, p. 1185-1194, 2009.
- ARAÚJO, P. H. F. de; ALMEIDA, M. D. C. de; SILVA, C. S. A. da. Produção de biodiesel a partir de óleo comestível usado. **Revista de Ciências da Amazônia**, Macapá, n. 1, v. 1, p. 16-19, 2013.
- ARINOS QUÍMICA LTDA. **Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico. Metilato de Sódio**. 2006. Disponível em:< <http://201.57.253.136/qualidade/FISPQs/FISPQs/M/metilato%20de%20sodio.pdf>>. Acesso em: 02 jan. 2016.
- ATADASHI, I. M.; AROUA, M. K.; ABDUL AZIZ, A. R.; SULAIMAN, N. M. N. Refining technologies for the purification of crude biodiesel. **Applied Energy**, v. 88, p. 4239-4251, 2011.
- BECKER, D. R.; MOSELEY, C.; LEE, C. Supply chain analysis framework for Assessing state-level forest biomass utilization policies in the United States. **Biomass and Bioenergy**, v. 3, 2011.

BERRIOS, M.; SKELTON, R. L. Comparison of purification methods for biodiesel. **Chemical Engineering Journal**, v. 144, n. 3, p. 459-465, 2008.

BIOMERCADO. **Centro de Referência da Cadeia de Produção de Biocombustíveis para Agricultura Familiar**. Boletim do Complexo soja. Campus Universitário, Viçosa, MG, 2015.

BIOMERCADO. **Centro de Referência da Cadeia de Produção de Biocombustíveis para Agricultura Familiar**. Cotação. Disponível em:<<http://biomercado.com.br/>>. Acesso em: fev. 2016.

BOMMARIUS, A.; S.; RIEBEL-BOMMARIUS, B. R. **Biocatalysis: fundamentals and applications**. John Wiley & Sons, 2007.

BONDIOLI, P. The preparation of fatty acid esters by means of catalytic reactions. **Topics in Catalysis**, v. 27, n. 1-4, p. 77-82, 2004.

BORNIA, A. C. **Análise gerencial de custos em empresas modernas**. Porto Alegre: Bookman, 2002. p. 203.

BRASIL Ministério de Ciência e Tecnologia. **Portaria n.702, de 30 out. 2002**. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/leg/portarias>.

BRASIL, Banco Central do Brasil. **Taxa Selic, 12/21/2016**. Disponível em:< <http://www.bcb.gov.br/>>. Acesso em: 12 de fev. 2016.

BRASIL, Casa Civil: Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei 13.033/2014**. Brasília, 24 de setembro de 2014.

BRASIL, Casa Civil: Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 11.097, de 2005**. Brasília, 13 de janeiro de 2005.

BRASIL, Casa Civil: Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997**. Agosto de 1997.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **RESOLUÇÃO Nº 6, de 16 de setembro de 2009**. Brasília, 16 de setembro de 2009.

BRASIL, Receita Federal. **Instrução Normativa SRF nº 162 de 31 de dezembro de 1998**. 1998.

CABALLERO, V.; BAUTISTA, F. M.; CAMPELO, J. M.; LUNA, D.; MARINAS, J. M.; ROMERO, A. A.; GIORDANO, G. Sustainable preparation of a novel glycerol-free biofuel by using pig pancreatic lipase: Partial 1, 3-regiospecific alcoholysis of sunflower oil. **Process Biochemistry**, v. 44, n. 3, p. 334-342, 2009.

CANAKCI, M.; VAN GERPEN, J. A pilot plant to produce biodiesel from high free fatty acid feedstocks. **Transactions of the ASAE**, v. 46, p. 945-54, 2001.

CAO, L. Immobilised enzymes: science or art? **Current opinion in chemical biology**, v. 9, n. 2, p. 217-226, 2005.

- CASAROTTO, F. N.; KOPITTKKE, B. H. **Análise de investimentos**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- CASTELLANELLI, C. A. **Estudo da viabilidade de produção do biodiesel, obtido através do óleo de fritura usado, na cidade de Santa Maria- RS**. 2008 112 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) -Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria–RS, 2008.
- CASTELLANELLI, C. A.; CUNHA, L.; M. Utilização de biodiesel em veículos diesel: Análise de viabilidade de um projeto de pequena escala. **Espacios**, v. 36, n. 18, 2015.
- CASTRO, B. C. S. de. **Otimização das Condições da Reação de Transesterificação e Caracterização dos Rejeitos dos Óleos de Fritura e de Peixe para Obtenção de Biodiesel**. Rio de Janeiro, 2009. 119 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
- CHENG, L. H.; YEN, S. Y.; SU, L. S.; CHEN, J. Study on membrane reactors for biodiesel production by phase behaviors of canola oil methanolysis in batch reactors. **Bioresource technology**, v. 101, n. 17, p. 6663-6668, 2010.
- COELHO A. da S. **Coleta do óleo residual de fritura no condomínio residencial metrôpoles em Goiânia para aproveitamento industrial**. Instituto do Tropic Subúmido-ITS. Pontifica Universidade Católica de Goiás – PUC, Goiás, 2010.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Produção de soja do Brasil** safra 2012/2013.
- CONNEMANN, J.; FISCHER, J. Biodiesel in Europe 1998: biodiesel processing technologies. Paper presented at the International Liquid Biofuels Congress, Brazil, p. 15, 1998.
- CORONADO, C. R. et al. . Determination of ecological efficiency in internal combustion engines: The use of biodiesel. **Applied Thermal Engineering**. v. 29, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431108004316>>. Acesso em: 20 fev. 2015.
- COSTA, A. C. A. da; JUNIOR, N. P.; ARANDA, D. A. G. The situation of biofuels in Brazil: New generation technologies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 14, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032110002388>>. Acesso em: 20 fev. 2015.
- CVENGROS, J.; CVENGROSOVÁ, Z. Used frying oils and fats and their utilization in the production of methyl esters of higher fatty acids. **Biomass and Bioenergy**, v. 27, p. 173-181, 2004.
- DAMODARAN, A. **Finanças corporativas aplicadas: manual do usuário**. Bookman, 2002.
- DEMIRBAS, A. Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods: a survey. **Energy Conversion and Management**, v. 44, p. 2093-2109, 2003.

DEMIRBAS, A. Biodiesel production from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical methanol transesterification methods. **Progress in energy and combustion science**, v. 31, n. 5, p. 466-487, 2005.

DEMIRBAS, A. Importance of biodiesel as transportation fuel. **Energy Policy**, p. 35, 2007.

DEMIRBAS, A. Progress and recent trends in biodiesel fuels. **Energy Conversion and Management**, 50, p. 14-34, 2009.

DIEHL, C. A. **O uso do ABC como ferramenta gerencial**: uma experiência em empresa de pequeno porte. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, Curitiba, Paraná, Brasil, 2002.

ECÓLEO. Associação Brasileira para sensibilização, coleta e reciclagem de resíduos de óleo comestível. **Reciclagem de óleo**. 2015. Disponível em: <<http://www.ecoleo.org.br/reciclagem.html>>. Acesso em: 28 mar. 2015.

EIA. Energy Information Administration. Biofuels Production: **Biodiesel, 2012**. Disponível em: <<http://www.eia.gov/>>. Acesso em: dez. 2015.

ENCINAR, J. M.; JUAN, F.; GONZÁLEZ, J. F.; RODRÍGUEZ-REINARES, A. Biodiesel from Used Frying Oil. Variables Affecting the Yields and Characteristics of the Biodiesel. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 44, n. 15, p. 5491-5499, 2005.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2015. Ano base 2014: **Relatório Síntese Rio de Janeiro: EPE**, p. 62, 2015.

FABRÍCIO, A. M. **Determinação dos custos de produção do etanol a partir da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pelo método de custeio baseado em atividades (ABC)**. 2011. 137 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011

FECOMBUSTÍVEIS. **Relatório anual da revenda de combustíveis 2012: Biodiesel**. Rio de Janeiro (RJ), 2012.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. da S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja—taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.

FERREIRA, V. F.; ROCHA, D. R. da; SILVA, F. C. da. Química Verde, Economia Sustentável e Qualidade de Vida. **Revista Virtual Química**, v. 6 n. 1, p. 85-111, 2014.

FIGLIARELLI, D. A.; GOMES, L. F. S.; SOUZA, SAMUEL N. M. de; DALLMEYER, A. U.; ROMANO, L. N. Metodologia experimental para avaliação de custos de produção e utilização de biodiesel: estudo de caso de quatro ésteres metílicos e óleo diesel comercial. **Ciência Rural**, v. 41 n. 11, p. 1921-1926, 2011.

FREEDMAN, B. E. H. P.; PRYDE, E. H.; MOUNTS, T. L. Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 61, n. 10, p. 1638-1643, 1984.

FREEDMAN, B.; BUTTERFIELD, R. O.; PRYDE, E. H. Transesterification kinetics of soybean oil 1. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 63, n. 10, p. 1375-1380, 1986.

FREITAS, S.; LUCON, O. Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel: a transição para um estilo de desenvolvimento sustentável. **Textos para Discussão**, n. 27, 2011.

GERIS, R.; SANTOS, N. A. C. dos; AMARAL, B. A.; MAIA, I. de S.; CASTRO, V. D.; CARVALHO, J. R. M. (2007). Biodiesel de soja-reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica. **Química Nova**, v. 30 n. 5, p. 1369-1373, 2007.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1994. 207p.

GOLDEMBERG, J. Energia e desenvolvimento. **Estudos Avançados**, v. 12, n. 33, p. 7-15, 1998.

GOMES, M. M. da R. **Produção de biodiesel a partir da esterificação dos ácidos graxos obtidos por hidrólise de óleo de peixe**. 2009. 93 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

GOUVEIA, A. J. da S. G. **Unidade piloto de produção de biodiesel a partir de óleos alimentares usados utilizando energia renovável**. 2014. 124 p. Dissertação (Mestrado em Energia). Instituto Politécnico de Setúbal. Escola Superior de Tecnologia de Setúbal. IPS - ESTS – MEDiateca, 2014.

GRAEF, N. et al. O mercado do biodiesel e o ambiente institucional. In: Encontro paranaense de economia (Ecopar), **Anais**. Maringá, 2010.

GUERRA, E. P.; FUCHS, W. Biocombustível renovável: uso de óleo vegetal em motores. **Revista Acadêmica Ciência Agrária Ambiental**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 103-112, 2010.

GUIMARÃES, R.; LOBO, B. B.; NUNES, D.; DO AMARAL, E. C.; DE MORAES, A. C. Avaliação de tipos de pré-tratamento de óleo usado de fritura para produção de biodiesel. **Revista de Extensão e Iniciação Científica SOCIESC-REIS**, v. 1, n. 1, 2014.

HAMMOND, G.; KALLU, S.; MCMANUS, M. Development of biofuels for the UK automotive market **Applied Energy**, v. 85, p. 506-51, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2010. Disponível em:< <http://www.cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

KNOTHE, G.; VAN-GERPEN, J.; PEREIRA, L.; & KRAHL, J. **Manual do Biodiesel**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

KRAEMER, T. H. **Discussão de um sistema de custeio adaptado às exigências da nova competição global**. 1995. 148 p. Dissertação (Mestrado Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Porto Alegre, 1995.

- KRAUSE, L. C. **Desenvolvimento do processo de produção de biodiesel de origem animal**. 2008. 148 p. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/14362>>. Acesso em: 05 jan. 2015.
- KULKARNI, M. G.; DALAI, A. K. Waste cooking oil an economical source for biodiesel: a review. **Industrial & engineering chemistry research**, v. 45, n. 9, p. 2901-2913, 2006.
- LABECKAS, G.; SLAVINSKAS, S. The effect of rapeseed oil methyl ester on direct injection diesel engine performance and exhaust emissions. **Energy Conversion and Management**, v. 47, p. 1954-1967, 2006.
- LAGO, R. C. A. Técnicas Cromatográficas aplicadas à análise e identificação de óleos e gorduras. **Embrapa**. Rio de Janeiro: Trabalho não publicado, 1997.
- LEUNG, D. Y. C.; WU, X.; LEUNG, M. K. H. A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. **Applied energy**, v. 87, n. 4, p. 1083-1095, 2010.
- LEUNG, Y.; GUO, Y. Transesterification of neat and used frying oil: Optimization for biodiesel production. **Fuel Processing Technology** v. 87, p. 883-890, 2006.
- LIMA, P. C. R. **Biodiesel: um novo combustível para o Brasil**. Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, 2005.
- LIMA-FILHO, D. de O.; PRADO-SOGABE, V.; COSTA-CALARGE, T. C. Mercado de biodiesel: um panorama mundial. **Espacios**, v. 29, p. 5-27, 2008.
- MA, F.; HANNA, M. A. Biodiesel production: a review. **Bioresource Technology**, 70, p. 1-15, 1999.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Aumento na produção de biodiesel exigirá novas matérias-primas**. 2012.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Combustível**, 2014.
- MARCHETTI, J. M.; MIGUEL, V. U.; ERRAZU, A. F. Possible methods for biodiesel production. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 11, n. 6, p. 1300-1311, 2007.
- MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 370 p.
- MATSUMOTO, N.; SANO, D.; ELDER, M. Biofuels Initiatives in Japan: strategies policies and future potential. **Applied Energy**, p. 86, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261909001792>>. Acesso em: 20 fev. 2015.
- MATTEI, L. F. Programa Nacional para Produção e Uso do Biodiesel no Brasil (PNPB): trajetória, situação atual e desafios. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 731-740, 2010.
- MEHER, L. C.; SAGAR, D. V.; NAIK, N. S. Technical Aspects of Biodiesel production by the transesterification- review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 10, p 248-268, 2006.

MELLO, M. G. Biomassa: Energia dos trópicos em minas gerais. **Labmídia**. Belo Horizonte. 2001.

MOECKE, E. H. S.; WERNER, S. M.; GELSLEICHTER, Y. A.; DE AVILA, A. F. A.; DA SILVEIRA, T. C. Produção de biodiesel a partir do óleo de fritura usado e o empoderamento da comunidade. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 1, n. 1, p. 33-40, 2012.

MORAIS, P de. Tecnologias em uso e disponíveis no exterior e no brasil para o uso de óleo vegetal refinado como combustível. In: Faria, et al. **A Utilização de Óleo Vegetal Refinado como Combustível - Aspectos Legais, Técnicos, Econômicos, Ambientais e Tributários**. Textos para Discussão 73, 2010.

MORESI, E. **Metodologia da Pesquisa**. Universidade Católica de Brasília – UCB- Brasília, 2003

NASCIMENTO, U. M.; SILVA, E. C.; BRANDÃO, K. S. R.; LOUZEIRO, H. C.; SOUZA, A. G.; CONCEIÇÃO, M. M. & MOURA, K. R. M. Montagem e implantação de usina piloto de baixo custo para produção de biodiesel. In **1º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel**, p. 147-150, 2006.

NELSON, R. G.; SCHROCK, M. D. Energetic and economic feasibility associated with the production, processing and conversion of beef tallow to diesel fuel. In: **Proceedings of the First Biomass Conference of the Americas: Energy, Environment, Agriculture, and Industry, National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO**. p. 848-862, 1994.

NETO, P. R. C.; ROSSI, L. F.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química nova**, v. 23, n. 4, 531-537, 2000.

NOORDAM, M.; WITHERS, R. Producing biodiesel from canola in the inland northwest: an economic feasibility study. **Idaho Agricultural Experiment Station Bulletin**, v. 785, p. 12, 1996.

ODA, M.; KAIEDA, M.; HAMA, S.; YAMAJI, H.; KONDO, A.; IZUMOTO, E.; FUKUDA, H. Facilitatory effect of immobilized lipase-producing *Rhizopusoryzae* cells on acyl migration in biodiesel-fuel production. **Biochemical Engineering Journal**, v. 23, n. 1, p. 45-51, 2005.

OIL WORLD. 2011. Disponível em: <<http://www.oilworld.biz/app.php>>. Acesso em: 12 mar. 2015.

PÁDUA, E. M. M. de. **Metodologia da pesquisa: abordagem teórico-prática**. 2. ed. Campinas: Papirus. 1997. P. 94.

PAGLIARDI, O.; MACIEL, A. J. D. S.; LOPES, O. C. Estudo de viabilidade econômica de planta piloto de biodiesel. **Proceedings of the 6. Encontro de Energia no Meio Rural**, 2006.

PARENTE, E. J. de Sá. **Biodiesel: Uma Aventura Tecnológica num País Engraçado**. 2003.

PATIL, P. D.; DENG, S. Optimization of biodiesel production from edible and non-edible vegetable oils. **Fuel**, v. 88, n. 7, p. 1302-1306, 2009.

PEREZ, J. H. J.; OLIVEIRA, L. M.; COSTA, R. G. **Gestão estratégica de custos: textos e testes com as respostas**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2011. 338 p.

PORTELA, H. E. **Avaliação técnico-econômica de um empreendimento produtivo de biodiesel**. 2007. 208 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA. 2007.

PREDOJEVIC, Z. J. The production of biodiesel from waste frying oils: A comparison of different purification steps. **Fuel**, v. 87, p. 3522-3528, 2009. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236108002706>>. Acesso em: 16 fev. 2015.

PUPPAN, D. Environmental evaluation of biofuels. **Periodica Polytechnica Social and Management Sciences**, v. 10, n. 1, p. 95-116, 2002.

RABELO, I. D. **Estudo de Desempenho de Combustíveis Convencionais Associados a Biocombustível Obtido pela Transesterificação de Óleo de Frituras**. 2001. Tese de Doutorado. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Brasil, 2001.

RABELO, R. A.; FERREIRA, O. M. Coleta seletiva de óleo residual de fritura para aproveitamento industrial. **Ambiente em Foco. Departamento de Engenharia–Engenharia Ambiental, Universidade Católica de Goiás-GO**, 2008.

RAIMUNDO, A. A.; CAMALIONTE, M. A.; TONIN, F. G.; JUNIOR, C. F. J. Desenvolvimento de uma usina piloto móvel para produção de biodiesel. **Tekhne e Logos**, v. 1, n. 1, 2009.

RAMOS, L.P; DOMINGOS, A. K.; KUCEK, K. T.; WILHELM, H. M. Biodiesel: um projeto de sustentabilidade econômica e socioambiental para o Brasil. **Biociência e Desenvolvimento**, Brasília, DF, v. 31, p. 28-37, 2003.

RAMOS, M. J.; FERNÁNDEZ, C. M.; CASAS, A.; RODRÍGUEZ, L.; PÉREZ, Á. Influence of fatty acid composition of raw materials on biodiesel properties. **Bioresource technology**, v. 100, n. 1, p. 261-268, 2009.

REI, P. A. G. V. **Procedimentos laboratoriais para o controlo da qualidade do Biodiesel**. 2007. 142 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Instituto de Biologia Experimental e Tecnológica, (IBET), 2007.

RIZZO, M. R.; GASPARINI, S. T.; SILVA, N. F. da. Óleos saturados: um estudo do descarte em estabelecimentos de Três Lagoas e Andradina. **Revista Científica-ANAP**, Brasil, v. 6, n. 7, p. 85-104, 2013.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JORDAN, B. D. **Princípios de administração financeira**. Atlas, 2008.

SALEH, J.; TREMBLAY, A. Y.; DUBÉ, M. A. Glycerol removal from biodiesel using membrane separation technology. **Fuel**, v. 89, n. 9, p. 2260-2266, 2010.

SANTOS, F. A. **Biocombustíveis: prós e contras**. 2010.

- SBARDELLA, M. **Óleo de arroz na alimentação de leitões recém desmamados**. 2011. 101 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2011.
- SHARMA, Y. C.; SINGH, B.; UPADHYAY, S. N. Advancements in development and characterization of biodiesel: a review. **Fuel**, v. 87, n. 12, p. 2355-2373, 2008.
- SHARMA, Y. C.; SINGH, N. B. Development of biodiesel: Current scenario. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, p. 1646-1651, 2009.
- SHEEHAN, J.; CAMOBRECO, V.; DUFFIELD, J.; GRABOSKI, M.; SHAPOURI, H. **Life cycle inventory of biodiesel and petroleum diesel for use in an urban bus. Final report**. National Renewable Energy Lab., Golden, CO (US), 1998.
- SILVA, L. C. M. da. **Processo de produção de biodiesel e análise de parâmetros de qualidade**. 2014, 102 p. Dissertação (Mestrado em Energias Renováveis e Eficiência Energética). Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança, Portugal, 2014.
- SILVA, M. S.; TEIXEIRA, F. L. C.; TORRES, E. A.; ROCHA, A. M.; FREIRES, F. G. M.; SANTOS, T. B.; JONG, P. de. Biodiesel in Brazil: A Market Analysis and Its Economic Effects. **Journal of Agricultural Science**, v. 6, n. 8, 2014.
- SILVA, M. L da; FONTES, A. A. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra (VET). **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 931-936, 2005.
- SILVA, P. de L. M. da. **Estudo da catálise básica na obtenção de biodiesel a partir do óleo residual de fritura**. 2014. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.
- SILVA, P. R. F. da; FREITAS, T. F. S. de. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. **Ciência Rural [online]**, v. 38, n. 3, p. 843-851, 2008. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/cr/v38n3/a44v38n3.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2015.
- SILVA, P.; GALVÃO, E.; CARVALHO, R.; SILVA, S.; ROSAL, A. (2015). Estudo da síntese de biodiesel de óleo de coco bruto. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, 9672-9679.
- SIMAS, A. da S. L. **Produção de Biodiesel a partir de óleos vegetais virgens e usados, comparando transesterificação básica e enzimática**. 2008. 146 p. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa Portugal, 2008.
- SINGH, P. S.; DIPTI S. Biodiesel production through the use of different sources and characterization of oils and their esters as the substitute of diesel: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 1, p. 200-216, 2010.
- SNARE, M. et al. Production of diesel fuel from renewable feeds: Kinetics of ethyl stearate decarboxylation. V. **Chemical Engineering Journal**. 134, Issues 1-3, p. 29-34, 2007.
- SOUZA, C. A. de. Sistemas catalíticos na produção de biodiesel por meio de óleo residual. **Ano 6. Encontro de Energia Meio Rural**, 2006.

SOUZA, E. de S. **Desenvolvimento do processo de conversão de óleo de fritura em biodiesel**. 2013. 110 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2013.

STRAPASSON, A. B. **A Energia térmica e o paradoxo da eficiência energética: desafios para um novo modelo de planejamento energético**. 2004. 134 p. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SUAREZ, P. A. Z. **Produção de Biodiesel na fazenda**. Viçosa, MG, CPT, 2006. 220 p.

TABORDA, L. W. **Avaliação da viabilidade técnica e econômica da produção de etanol em planta piloto a partir da batata-doce (ipomoea batatas)**. 2008. 98 p. (Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

TAKETA, T. B.; FERREIRA, M. Z.; GOMES, M. C. S.; PEREIRA, N. C. Influência da temperatura, razão molar (óleo de soja/etanol) e tipo de óleo de soja na reação de transesterificação. **Revista Tecnológica**, v. 22, n. 1, p. 75-82, 2013.

TOMASEVIC, A. V.; SILER-MARINKOVIC, S. S. Methanolysis of used frying oil. **Fuel Processing Technology**, v. 81, n. 1, p. 1-6, 2003.

TONINI, R. S. S. **Custo na gestão da informação**. 1. ed. Salvador. EDUFBA/Petrobras, 2006.

TSAI, W-T. Coupling of energy and agricultural policies on promoting the production of biomass energy from energy crops and grasses in Taiwan. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, p. 6-7, 2009.

UGHEOKE, B. I.; PATRICK, D. O.; KEFAS, H. M.; ONCHE, E. O. Determination of Optimal Catalyst Concentration for Maximum Biodiesel Yield from Tigernut (*Cyperus Esculentus*) Oil. **Leonardo Journal of Sciences**, v.10, p. 131-136, 2007.

VACCARO, G. L. R. et al. Prospective scenarios for the biodiesel chain of a Brazilian state. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 14, p. 1263-1272, 2010.

VAN GERPEN, J.; SHANKS, B.; PRUSZKO, R.; CLEMENTS, D.; KNOTHE, G. Biodiesel production technology. **National Renewable Energy Laboratory. 1617 Cole Boulevard, Golden, CO. Paper contract**, no. DE-AC36-99-GO10337, 2004.

VERNINI, A. A. **Viabilidade econômica de três miniusinas para produção de biodiesel utilizando como matéria-prima o óleo de crambe (*Crambe Abyssinica Hochst*)**. 2014, 78 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista- Unesp. Botucatu, SP, 2014.

VICENTE, G. **Study of the biodiesel production**. PhD Thesis, Faculty of Chemistry. Complutense University of Madrid, 2001.

VICENTE, G.; MARTINEZ, M.; ARACIL, J. Integrated biodiesel production: a comparison of different homogeneous catalysts systems. **Bioresource Technology**, v. 92, p. 297-305, 2004.

VIEIRA, P. R. C. **Análise comparativa de investimentos de processos produtivos de biodiesel com auxílio de uma planilha eletrônica.** 2014, 74 p. Dissertação (Mestrado em desenvolvido de processos ambientais) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2014.

WESCHENFELDER, S. C. **Aplicação do custo baseado em atividades na determinação do custo de produção de etanol a partir do sorgo sacarino em pequena unidade de produção.** 2011. 152 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

ZHANG, Y.; DUBE, M. A.; MCLEAN, D. D.; KATES, M. Biodiesel production from waste cooking oil: 2. Economic assessment and sensitivity analysis. **Bioresource Technology**, v. 90, p. 229-240, 2003a.

ZHANG, Y.; DUBE, M. A.; MCLEAN, D.; KATES, M. Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment. **Bioresource Technology**, v. 89, p. 1-16, 2003 b.

ZONIN, V. **Potenciais e Limitações da Indústria de Biodiesel no Brasil: um Estudo de Caso.** 2008. 275 p. Dissertação (Mestrado) - PPGEPS-UNISINOS. São Leopoldo. 2008.

**APÊNDICE A- BALANÇO DE MASSA DAS TRÊS BATELADAS**

<b>Batelada 1</b>	<b>Reagentes</b>	<b>Entrada de Processo (Kg)</b>	<b>Saída de Processo (Kg)</b>
	Óleos de fritura (OGR)	186,2	
	Metanol	23,7	6,6
	Metilato de Sódio	5,8	
	Corrente de Glicerina		27,4
	Corrente de Biodiesel		181,9
	<b>Total</b>	<b>215,7</b>	<b>215</b>

<b>Batelada 2</b>	<b>Reagentes</b>	<b>Entrada de Processo (Kg)</b>	<b>Saída de Processo (Kg)</b>
	Óleos de fritura (OGR)	186,2	
	Metanol	23,7	6,4
	Metilato de Sódio	5,8	
	Corrente de Glicerina		27,9
	Corrente de Biodiesel		180,9
	<b>Total</b>	<b>215,7</b>	<b>215,9</b>

<b>Batelada 3</b>	<b>Reagentes</b>	<b>Entrada de Processo (Kg)</b>	<b>Saída de Processo (Kg)</b>
	Óleos de fritura (OGR)	186,2	
	Metanol	23,7	6,7
	Metilato de Sódio	5,8	
	Corrente de Glicerina		27,7
	Corrente de Biodiesel		182,44
	<b>Total</b>	<b>215,7</b>	<b>216,84</b>

## APÊNDICE B- PRODUÇÃO DE B100 COM OGR

Fluxo de caixa 1	out/15	Ano I	Ano II	Ano III	Ano IV	Ano V	Total
<b>ENTRADAS</b>	<b>R\$ 420.030,20</b>	<b>R\$ 487.708,32</b>	<b>R\$ 2.438.541,60</b>				
Venda de biodiesel		R\$ 483.088,32					
Venda da Glicerina		R\$ 4.620,00					
Capital próprio investido	R\$ 420.030,20						
Receitas diversas							
<b>SAÍDAS</b>		-R\$ 136.499,12	-R\$ 136.503,12	-R\$ 136.503,12	-R\$ 136.503,12	-R\$ 136.503,12	
<b>Despesas de produção</b>		<b>-R\$ 113.270,32</b>	<b>-R\$ 113.274,32</b>	<b>-R\$ 113.274,32</b>	<b>-R\$ 113.274,32</b>	<b>-R\$ 113.274,32</b>	<b>-R\$ 566.367,60</b>
Compra matéria-prima (OGR)		-R\$ 31.680,00					
Metanol		-R\$ 38.843,60	-R\$ 38.847,60	-R\$ 38.847,60	-R\$ 38.847,60	-R\$ 38.847,60	
Energia elétrica		-R\$ 8.342,40					
Metilato de sódio		-R\$ 25.470,72					
Resina de purificação		-R\$ 3.933,60					
Coleta		-R\$ 5.000,00					
<b>Demais despesas</b>		<b>-R\$ 23.228,80</b>	<b>-R\$ 116.144,00</b>				
Outros		-R\$ 5.620,00					
Equipe (encargos)		-R\$ 17.608,80					
<b>Investimentos</b>	R\$ (420.030,20)						
<b>Despesas tributárias</b>							
Impostos a pagar							
Provisão para imposto de renda							
Despesas financeiras							
Amortização de empréstimos							
<b>Fluxo do período</b>		<b>R\$ 351.209,20</b>	<b>R\$ 351.205,20</b>	<b>R\$ 351.205,20</b>	<b>R\$ 351.205,20</b>	<b>R\$ 351.205,20</b>	

## APÊNDICE C- PRODUÇÃO DE B100 COM ÓLEO DE SOJA

Fluxo de caixa 3	out/15	Ano I	Ano II	Ano III	Ano IV	Ano V	Total
<b>ENTRADAS</b>	<b>R\$ 420.030,20</b>	<b>R\$ 487.708,32</b>	<b>R\$ 2.438.541,60</b>				
Venda de biodiesel		R\$ 483.088,32					
Venda da Glicerina		R\$ 4.620,00					
Capital próprio investido	R\$ 420.030,20						
Receitas diversas							
<b>SAÍDAS</b>		<b>-R\$ 587.691,12</b>	<b>-R\$ 587.695,12</b>	<b>-R\$ 587.695,12</b>	<b>-R\$ 587.695,12</b>	<b>-R\$ 587.695,12</b>	
<b>Despesas de produção</b>		<b>-R\$ 564.462,32</b>	<b>-R\$ 564.466,32</b>	<b>-R\$ 564.466,32</b>	<b>-R\$ 564.466,32</b>	<b>-R\$ 564.466,32</b>	<b>-R\$ 2.822.327,60</b>
Compra matéria-prima (Sebo)		-R\$ 487.872,00					
Metanol		-R\$ 38.843,60	-R\$ 38.847,60	-R\$ 38.847,60	-R\$ 38.847,60	-R\$ 38.847,60	
Energia elétrica		-R\$ 8.342,40					
Metilato de sódio		-R\$ 25.470,72					
Resina de purificação		-R\$ 3.933,60					
<b>Demais despesas</b>		<b>-R\$ 23.228,80</b>	<b>-R\$ 116.144,00</b>				
Outros		-R\$ 5.620,00					
Equipe (encargos)		-R\$ 17.608,80					
Investimentos	R\$ (420.030,20)						
<b>Despesas tributárias</b>							
Impostos a pagar							
Provisão para imposto de renda							
Despesas financeiras							
Amortização de imprecistos							
<b>Fluxo do período</b>		<b>-R\$ 99.982,80</b>	<b>-R\$ 99.986,80</b>	<b>-R\$ 99.986,80</b>	<b>-R\$ 99.986,80</b>	<b>-R\$ 99.986,80</b>	

## APÊNDICE D- PRODUÇÃO DE B100 COM SEBO BOVINO

Fluxo de caixa 3	out/15	Ano I	Ano II	Ano III	Ano IV	Ano V	Total
<b>ENTRADAS</b>	<b>R\$ 420.030,20</b>	<b>R\$ 487.708,32</b>	<b>R\$ 2.438.541,60</b>				
Venda de biodiesel		R\$ 483.088,32					
Venda da Glicerina		R\$ 4.620,00					
Capital próprio investido	R\$ 420.030,20						
Receitas diversas							
<b>SAÍDAS</b>		<b>-R\$ 514.827,12</b>	<b>-R\$ 514.831,12</b>	<b>-R\$ 514.831,12</b>	<b>-R\$ 514.831,12</b>	<b>-R\$ 514.831,12</b>	
<b>Despesas de produção</b>		<b>-R\$ 491.598,32</b>	<b>-R\$ 491.602,32</b>	<b>-R\$ 491.602,32</b>	<b>-R\$ 491.602,32</b>	<b>-R\$ 491.602,32</b>	<b>-R\$ 2.458.007,60</b>
Compra matéria-prima (Sebo)		-R\$ 415.008,00					
Metanol		-R\$ 38.843,60	-R\$ 38.847,60	-R\$ 38.847,60	-R\$ 38.847,60	-R\$ 38.847,60	
Energia elétrica		-R\$ 8.342,40					
Metilato de sódio		-R\$ 25.470,72					
Resina de purificação		-R\$ 3.933,60					
<b>Demais despesas</b>		<b>-R\$ 23.228,80</b>	<b>-R\$ 116.144,00</b>				
Outros		-R\$ 5.620,00					
Equipe (encargos)		-R\$ 17.608,80					
<b>Investimentos</b>	R\$ (420.030,20)						
<b>Despesas tributárias</b>							
Impostos a pagar							
Provisão para imposto de renda							
Despesas financeiras							
Amortização de imprevistos							
<b>Fluxo do período</b>		<b>-R\$ 27.118,80</b>	<b>-R\$ 27.122,80</b>	<b>-R\$ 27.122,80</b>	<b>-R\$ 27.122,80</b>	<b>-R\$ 27.122,80</b>	