CÂMARA MUNICIPAL DE GURUPI-TO
Gabinete do Vereador Ronaldo Lira - PSC

Fé e Coragem!

REQUERIMENTO Nº 3847 /2021 23 NOV. 2021
Ver. Ronaldo Lira - PSC

CÂMARA MUNICIPAL DE GURUPI
COORDENADORIA DE PROTOCOLO
PROTOCOLO Nº 1269
DATA 17 NOV. 2021 HORAS 10:30
Carimbo/Assinatura

APROVADO

Requer aos Secretários de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico, de Planejamento e Finanças, de Educação, de Ciência Tecnologia e Inovação, **um estudo para a implantação do Programa Câmbio Verde e criação da Moeda Verde no munícipio de Gurupi, a fim de promover a troca de material reciclável por compensação tributária.**

O Vereador que a este subscreve, nos termos regimentais desta Casa de Leis, após ouvir o douto Plenário, **REQUER** a Mesa Diretora desta Casa, o envio de expediente ao Secretário Municipal do Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico, PEDRO DIAS CORREA DA SILVA, ao Secretário Municipal de Planejamento e Finanças, SALUSTRIANO LUCAS MARQUEZ LEMES, à Secretária Municipal de Educação, AMANDA PEREIRA COSTA, à Secretária Municipal de Ciência Tecnologia e Inovação, LADY SAKAY, **requerendo estudo para implantação do Programa Câmbio Verde e a criação da Moeda Verde no município de Gurupi, a fim de promover a troca de material reciclável por compensação tributária, a partir de uma análise de viabilidade de parceira entre a Universidade Federal do Tocantins e dos Poderes Municipais.**

JUSTIFICATIVA

Inicialmente, temos que o estabelecimento de ações governamentais deve ser realizado pelo poder executivo, pois a implantação e execução de programas na municipalidade, constitui atividade puramente administrativa e típica de gestão. Portanto, solicito aos secretários que movimentem esforços, no sentido de viabilizar a proposta em nosso município, pois o tema posto envolve cada uma das pastas. De antemão a proposta em tela deve ser pensada sob a ótica do longo prazo, pois serão necessárias algumas etapas para consolidação do projeto. Além disso, o programa Câmbio Verde visa aumentar a vida útil do aterro sanitário, ao favorecer a logística reversa dos recicláveis conforme previsto pela politica nacional de resíduos sólidos nos termos da Lei n° 12305/2010.

Diante disso, foi elaborado um projeto de lei (PL) em parceria que versar sobre o tema e está no ANEXO C da monografia anexada a propositura para apreciação e estudo. Tendo como base leis já aplicadas em municípios do país, como por exemplo Curitiba-PR, Novo Horizonte-SP, Bom Despacho-MG dentre outros. Neste caso é lei de iniciativa privativa do poder executivo nos termos do art. 61, § 1°, incisos e alíneas, da Constituição Federal (CF). Apesar disso, para o escorreito deslinde da questão, cumpre apontar, que a CF assegura a todos, no seu art. 225, um meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo a coletividade e ao poder público, as obrigações de defende-lo e preservá-lo. Outrossim, foi estabelecida no art. 24, VI a competência concorrente a União, Estados e Distrito Federal para legislar sobre "florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição". O município,

obedecido o critério do interesse local, tem competência para legislar sobre questões ambientais, suplementando a legislação federal e estadual no que couber, nos termos dos incisos I e II do art. 30 CF.

A proposta visa, a implantação de uma miniusina para produção de biodiesel, importantíssima para sustentabilidade e redução de gastos do município. De acordo com o abordado pela monografia possui viabilidade técnica, econômica, social e ambiental. Foi pensado também nos menos favorecidos, pessoas que ganham o sustento a partir do lixo, reciclando-os. Caso seja efetivado o sistema de coleta há empresários que já demonstraram interesse em participar comprando, por exemplo o óleo e gordura residuais coletados, caso a proposta torna-se uma política pública municipal os catadores de materiais recicláveis terão papel crucial na efetivação do programa. Assim como, foi também abordado a elaboração de um aplicativo denominado a priori de Moeda Verde, para otimizar o sistema de coleta e de instalação dos pontos de coleta voluntária, vejo como uma inovação com potencialidade de prosperar. Esta seria a versão digital da moeda suportada pela tecnologia do *Blockchain* ora apresentada no PL, o interessante é que o dinheiro não será dado sem que haja uma contrapartida do cidadão que queira participar. Além disso, o que se pretende é que a moeda tenha livre circulação pelo comércio e movimente a economia local.

A emissão de moeda regional atualmente é compreendida pelo Banco Central como forma de exercício da livre iniciativa e prevista pelo art. 170 caput e parágrafo único da CF, vejamos:

"Art. 170. A ordem econômica, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar a todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, observados os seguintes princípios:

(...)

Parágrafo único. É assegurado a todos o livre exercício de qualquer atividade econômica, independentemente de autorização de órgãos públicos, salvo nos casos previstos em lei".

Pode-se dizer que segundo a própria CF, a emissão da moeda local é legal mesmo não sendo esta a moeda "oficial" e não ficando sujeita às leis correspondentes à política monetária brasileira.

Sabendo que o aval vem do Poder Executivo e diante do exposto, se faz necessário o atendimento da matéria com a inclusão de orçamento nas leis orçamentárias, por se tratar de assunto de grande anseio social.

É a justificativa.

GABINETE DO VEREADOR RONALDO LIRA, aos 16 dias do mês de novembro de 2021.

RONALDO LIRA
VEREADOR PSC

Ronaldo Lira
Vereador
Partido - PSC

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS E BIOTECNOLOGIA

RHAYK SALES LIRA GLÓRIA

ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UMA PROPOSTA DE PARCERIA ENTRE A UNIVERSIDADE E OS PODERES MUNICIPAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA MINIUSINA DE BIODIESEL EM GURUPI-TO

GURUPI - TO
2021

RHAYK SALES LIRA GLÓRIA

ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UMA PROPOSTA DE PARCERIA ENTRE A UNIVERSIDADE E OS PODERES MUNICIPAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA MINIUSINA DE BIODIESEL EM GURUPI-TO

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Gurupi, Curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia para obtenção do título de Graduado em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: Dra. Carla Jovania Gomes Colares

GURUPI - TO
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

G562a Glória, Rhayk Sales Lira.

Análise de viabilidade de uma proposta de parceria entre a universidade e os poderes municipais para implantação de uma miniusina de biodiesel em Gurupi-TO. / Rhayk Sales Lira Glória. – Gurupi, TO, 2021.

82 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, 2021.

Orientadora : Carla Jovania Gomes Colares

1. Fonte Alternativa. 2. OGR. 3. Custo Baseado em Atividade. 4. Câmbio Verde. I. Titulo

CDD 660.6

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

RHAYK SALES LIRA GLÓRIA

ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UMA PROPOSTA DE PARCERIA ENTRE A UNIVERSIDADE E OS PODERES MUNICIPAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA MINIUSINA DE BIODIESEL EM GURUPI-TO

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Gurupi, Curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia para obtenção do título de Graduado em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 28/09/2021

Banca Examinadora

Carla Jovania Gomes Colares

Prof. Dra. Carla Jovania Gomes Colares, UFT

Michelle da C. A. Xavier

Prof. Dra. Michelle da Cunha Abreu Xavier, UFT.

Talita P. de S. Ferreira

Prof. Dra. Talita Pereira de Souza Ferreira, UFT.

GURUPI – TO
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS E BIOTECNOLOGIA

ATA DE APRESENTAÇÃO PÚBLICA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 28 dias do mês de setembro de 2021, por meio de webconferência, realizou-se a Apresentação do Trabalho de Conclusão de Curso do aluno RHAYK SALES LIRA GLÓRIA, do Curso de **Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia**, do Campus de Gurupi, intitulado "**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UMA PROPOSTA DE PARCERIA ENTRE A UNIVERSIDADE E OS PODERES MUNICIPAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA MINIUSINA DE BIODIESEL EM GURUPI-TO**", realizado sob a orientação da professora Prof.ª Dr.ª Carla Jovania Gomes Colares. Após apresentação e arguição, atribuíram a média final 10,0 **(dez)** pelo trabalho, tendo sido considerado: APROVADO.

A Banca de avaliação foi composta pelos membros: Prof.ª Dr.ª Michelle da Cunha Abreu Xavier, Prof.ª Dr.ª Talita Pereira de Souza Ferreira. Eu, Dr.ª Carla Jovania Gomes Colares, orientadora do Trabalho de Conclusão de Curso, matrícula funcional n° 1310495, lavrei a presente Ata que segue por mim assinada, como presidente da banca avaliadora.

gov.br Documento assinado digitalmente
CARLA JOVANIA GOMES COLARES
Data: 29/09/2021 20:23:18-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

_____

Professora Orientadora
Presidente da Banca

“Knowledge is dispersed in society
and this is the best way to use it.”.
Friedrich Hayek

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter abençoado todos os dias da minha vida, por iluminar meu caminho e me dar forças para seguir sempre em frente.

Aos meus pais (Marile Sales, Ronaldo Lira) e familiares, formadores de todos os meus princípios éticos e morais. Ao gabinete do vereador Ronaldo Lira por ter me ajudado na elaboração do projeto de lei e busca de algumas informações pertinentes para este trabalho.

Agradeço a minha namorada Ramilla por todo carinho, compreensão, companheirismo e ajuda.

À comunidade acadêmica, por compartilharem conhecimentos. Ao Luan Brito por compartilhar sua experiência prática na produção do valoroso biodiesel. Em especial dois professores, primeiro professora Carla Colares por não hesitar em me aceitar como orientando e por ser muito prestativa no que faz. Segundo professor Ulisses Baumhardt por ter me ensinado muito sobre projetos e desenho técnico avançado assuntos de grande relevância para a formação de um engenheiro.

Por fim, agradeço a Universidade Federal do Tocantins - UFT, campus de Gurupi que me proporcionou esta oportunidade.

RESUMO

O biodiesel é classificado como combustível biodegradável com futuro promissor no mundo. Entre as diversas matérias-primas de triglicerídeo utilizadas na produção, surge o óleo e gordura residual (OGR), como mais uma fonte de obtenção, e que outrora estaria sendo desperdiçado e despejado no meio ambiente de forma inadvertida. O maior obstáculo da comercialização do biodiesel é o preço da matéria-prima, que ocupa mais de 70% dos custos de produção. Assim, este trabalho tem por finalidade avaliar a viabilidade técnica, socioeconômica e ambiental da produção de biodiesel em uma pequena unidade industrial, empregando OGR como matéria-prima. Para sustentação desta averiguação, foram realizadas simulações a partir das características de uma miniusina com capacidade de processamento 1000 L dia^{-1} de biodiesel que é produzida pela empresa Biotechnos®. Como ferramenta para determinação econômica utilizou-se a metodologia Custeio Baseado em Atividades (ABC). Ao considerar um rendimento de 80% em volume, uma razão molar OGR/Metanol de 1:8 e 1% de Metilato de Sódio como catalisador, sob o ponto de vista econômico, o custo final de produção de biodiesel ficou em R$ 2,57 L^{-1}, com a aquisição de matéria-prima no valor de R$ 1,00 L^{-1}. Através da metodologia ABC constatou-se que dentre as seis atividades do processo a que mais consome recursos é a de transesterificação, seguida pela purificação e preparação da matéria-prima. Entre os benefícios ambientais com a implantação e funcionamento da miniusina cita-se a não utilização de água potável para a etapa de purificação do biodiesel, e a reutilização do OGR, considerado altamente poluidor, evitando-se que seja lançado em rios, lagos e a obstrução de redes de esgoto. A análise de cenários demonstrou-se favorável para a concretização do esquema proposto, no entanto, foram sugeridas algumas ideias e ações para que o projeto seja eficiente desde o início, como por exemplo, a minuta de um projeto de lei municipal para Gurupi, concluindo como um instrumento jurídico específico, norteando o programa Câmbio Verde.

Palavras-chaves: Fontes Alternativas, OGR, Custo Baseado em Atividade, Câmbio Verde.

ABSTRACT

Biodiesel is classified as a biodegradable fuel with a promising future in the world. Among the various triglyceride raw materials used in the production, there is oil and residual fat (ORF), as another source of production, and which would once have been inadvertently wasted and dumped into the environment. The biggest obstacle to the commercialization of biodiesel is the price of the raw material, which occupies more than 70% of production costs. Thus, this work aims to evaluate the technical, socioeconomic and environmental feasibility of producing biodiesel in a small industrial unit, using ORF as a raw material. To support this investigation, simulations were carried out based on the characteristics of a mini-plant with a processing capacity of 1000 L day^{-1} of biodiesel that is produced by the company Biotechnos®. As a tool for economic determination, the Activity Based Costing (ABC) methodology was used. When considering a yield of 80% by volume, an OGR/Methanol molar ratio of 1:8 and 1% Sodium Methylate as a catalyst, from an economic point of view, the final cost of biodiesel production was R$ 2, 57 L^{-1}, with the acquisition of raw material in the amount of R$ 1.00 L^{-1}. Through the ABC methodology, it was found that among the six activities of the process, the one that consumes the most resources are transesterification, followed by purification and preparation of the raw material. Among the environmental benefits with the implementation and operation of the mini-plant are the non-use of drinking water for the biodiesel purification step, and the reuse of the ORF, considered highly polluting, preventing it from being released into rivers, lakes and the obstruction of sewage networks. The scenario analysis proved to be favorable for the implementation of the proposed scheme, however, some ideas and actions were suggested for the project to be efficient from the beginning, such as the draft of a municipal bill for Gurupi, concluding as a specific legal instrument, guiding the Green Exchange Program.

Key-words: Alternative Source, ORF, Activity Based Costing, Green Exchange program.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz energética brasileira (A) e mundial (B). 18
Figura 2 - Evolução da proporção de biodiesel misturado ao diesel ao longo do tempo 19
Figura 3 - Produção regional de biodiesel em 2019. 20
Figura 4 - Participação de matérias-primas para a produção de biodiesel em 2019. 21
Figura 5 - Reação de transesterificação de triacilgliceróis 24
Figura 6 - Ilustração da localização da região metropolitana de Gurupi 30
Figura 7 - Etapas de processamento de biodiesel utilizando OGR como matéria-prima 36
Figura 8 - Diagrama de sequência temporal para produção por batelada 39
Figura 9 - Unidade de abastecimento 48
Figura 10 - Locais possíveis de instalação 48
Figura 11 - Proposta de localização dos pontos de coleta voluntária em Gurupi 50
Figura 12 - Proposta de aplicativo para otimizar o sistema de coleta 59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Volume OGR gerado por munícipio da região metropolitana 34
Tabela 2 - Volume de OGR coletável da região metropolitana de Gurupi-TO..... 35
Tabela 3 - Tempo por atividade para processamento de 200 litros de OGR 38
Tabela 4 - Custos com o elemento de despesa mão de obra para três bateladas 40
Tabela 5 - Custos com o elemento de despesa energia elétrica para três bateladas 41
Tabela 6 - Custos com o elemento de despesa com catalisador para três bateladas diárias 41
Tabela 7 - Custos com o elemento de despesa adsorvente para três bateladas 42
Tabela 8 - Custos com o elemento de despesa depreciação prédio para três bateladas..... 42
Tabela 9 - Custo e depreciação dos equipamentos 43
Tabela 10 - Custo de investimento para produção de biodiesel 47
Tabela 11 - Custos de implantação de recolhimento de OGR 51
Tabela 12 - Custo mensal com a coleta..... 52
Tabela 13 - Retorno financeiro..... 52
Tabela 14 - Consumo e quantidade de veículos diesel por secretaria 53
Tabela 15 - Retorno estimado..... 53
Tabela 16 - Custos fixos anuais..... 55
Tabela 17 - Custos variáveis anuais utilizando OGR como matéria-prima..... 56
Tabela 18 - Preço médio do quilograma exportado de glicerina bruta pelo Brasil 57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Identificação dos elementos de despesa para cada atividade..... 38
Quadro 2 - Especificações de cada equipamento da usina de biodiesel 40
Quadro 3 - Distribuição dos custos no processamento para três bateladas..... 43
Quadro 4 - Custo final de produção de 600 L de biodiesel..... 45
Quadro 5 - Viabilidade econômico-financeira em função da variação do preço do OGR 56
Quadro 6 - Economia anual estimada com tratamento de esgoto em razão da coleta do OGR62

LISTA DE SIGLAS

ABC - *Activity Based Costing*

ANP – Agência Nacional do Petróleo

APL - Arranjos Produtivos Locais

B100 - Biodiesel sem mistura

CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

CNPE - Conselho Nacional de Política Energética

COOPERFRIGU - Cooperativa dos Produtores de Carne e Derivados de Gurupi

COOPERSOL - Cooperativa Agropecuária de Economia Solidária

CUB - Custos Unitários Básicos de Construção

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

EIA - *Energy Information Administration*

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

OGR – Óleo e gordura residual

POF - Pesquisa de Orçamentos Familiares

PMG - Prefeitura Municipal de Gurupi

RIMA - Relatório de Impacto do Meio Ambiente

SANEAGO - Companhia de Saneamento de Goiás

SMIG - Secretaria Municipal de Infraestrutura de Gurupi

TIR - Taxa Interna de Retorno

TRC - Tempo de Recuperação do Capital

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

USP - Universidade de São Paulo

VPL - Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15
2 OBJETIVOS 17
2.1 Objetivo Geral 17
2.2 Objetivos Específicos 17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 18
3.1 Matriz energética e o uso do biodiesel como combustível 18
3.1.1 Evolução do marco regulatório do biodiesel 19
3.2 Biodiesel: panorama nacional e matéria-prima para a produção 20
3.2.1 Matérias-primas para produção de biodiesel 20
3.2.1.1 Gordura Animal 21
3.2.1.2 Óleo e gordura residual (OGR) 22
3.2.2 Formas de produção de biodiesel 23
3.3 Importância das pequenas unidades de produção 26
3.4 Métodos de avaliação de viabilidade econômica 27
3.5 Projetos com iniciativa para produção de biodiesel a partir de OGR 27
4 METODOLOGIA 30
4.1 Caracterização do local de pesquisa 30
4.2 Procedimentos e técnicas de coleta dos dados 31
4.2.1 Método de amostragem aplicada aos questionários 31
4.2.2 Instrumentos de coleta de dados 31
4.3 Elaboração de minuta de lei para o município de Gurupi -TO 32
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES 33
5.1 Ações e percepções ambientais em relação ao OGR 33
5.2 Vocação regional para produção de biodiesel 33
5.2.1 Produção potencial de OGR por Gurupi e região 34
5.3 Etapas do processo na pequena unidade industrial 36
5.4 Determinação dos custos de processamento 37
5.5 Determinação do custo total de produção 45
5.6 Análise econômica 45
5.6.1 Determinação dos custos de investimento 46
5.6.1.1 Contextualização do orçamento de licenciamento ambiental 46
5.6.1.2 Custos de instalação 47
5.6.1.3 Pontos de coleta voluntária (PCV) 49

5.6.2 Levantamento da frota de veículo movidos a diesel da prefeitura local 53
5.6.2.1 Proposta de mistura do biodiesel no diesel do tanque veicular público municipal 54
5.6.3 Custos de produção 55
5.6.3.1 Análise de cenários 56
5.7 Oportunidades e barreiras 57
5.7.1 Apresentação da minuta de lei 57
5.7.2 Educação nas escolas 58
5.7.3 Aplicativo 58
5.7.4 Inclusão social 60
5.8 Análise ambiental 60
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 64
6.1 Sugestões para trabalhos futuros 65
REFERÊNCIAS 66
APÊNDICES 75

1 INTRODUÇÃO

Por muitos anos, a matriz energética mundial foi baseada principalmente em combustíveis fósseis. No entanto, o consumo exponencial desses combustíveis tem exaurido aos poucos as reservas existentes. Além disso, expressivas emissões globais de dióxido de carbono (CO_2), devido ao aumento no uso de energia gera uma preocupação com a poluição ambiental a qual tem levado a inúmeros esforços para mitigar esses efeitos (LEE et al., 2020). Os dados da Agência Internacional de Administração e Informação de Energia (EIA, do inglês *Energy Information Administration*) revelaram que o crescimento do CO_2 relacionado a isto aumentariam a uma taxa média de 0,6% ao ano, considerando o lapso temporal entre 2018 e 2050. Essa tendência desfavorável deterioraria a qualidade do ar e contribuiria para o desastre do aquecimento global (USEI, 2019).

Destarte, uma importante alternativa é a produção e utilização de biocombustíveis oriundos de distintas biomassas (RAMOS et al., 2019). Esta linha de pesquisa e produção para geração energética vem ganhando importância na matriz energética mundial, por não aumentar os níveis de CO_2 na atmosfera durante o processo de combustão, permitindo que se estabeleça um ciclo fechado de carbono, tendo-se um balanço de massa global nulo, assim não agravando o efeito estufa (VIEIRA, 2014; FERREIRA et al., 2014).

Nesse contexto, o biodiesel se apresenta como um substituto parcial ou total do diesel de petróleo (BETIKU et al., 2019; MILADINOVIC et al., 2020). O óleo diesel já foi misturado ao biodiesel em vários países da América do Sul e é uma medida obrigatória no Brasil desde o ano de 2005, de acordo com a Lei nº 11097/2005 (BRASIL, 2005). Atualmente, a mistura brasileira é feita de 10% a 15% de biodiesel, com perspectiva de aumento e a produção brasileira deve atender a 24 parâmetros físico-químicos responsáveis pela certificação de qualidade exigida para sua comercialização no território nacional (ANP, 2014).

O biodiesel é uma mistura de alquil ésteres de ácidos graxos derivados de fontes renováveis, como óleo vegetal, residual, de origem microbiana (algas, fungos e bactérias), gordura animal ou material lignocelulósico (CHOZHAVENDHAN et al., 2020; MARES et al., 2021). É produzido de modo que seja usado em motores de ignição por compressão, também denominados motores diesel. Pode ser obtido através da esterificação de ácidos graxos ou transesterificação de acilgliceróis na presença de álcoois primários. Esta reação pode ser promovida por um catalisador ácido, básico ou enzimático (TACIAS-PASCACIO et al., 2019; TORRES-RODRÍGUEZ et al., 2016). As propriedades do biodiesel são compatíveis com as do diesel de petróleo, possuindo algumas vantagens: melhor lubricidade, maior ponto de

inflamação (> 130 °C) e índice de cetano (> 47) (GOHAIN, M.; DEVI, A & DEKA, D., 2017), biodegradabilidade não toxicidade e menores emissões de gases de efeito estufa (NATH et al., 2019).

Entre as matérias-primas utilizadas para produção do biodiesel estão os óleos vegetais oriundos de algodão, amendoim, dendê ou palma, girassol, milho, soja, mamona, etc. Na cadeia de produção de óleos vegetais, pouco se tem dado atenção ao resíduo, oriundo do último elo, isto é, do consumidor, sendo gerado diariamente e representando um potencial de oferta. O descarte incorreto dos resíduos de óleo vegetal é um problema antigo. É sabido que cada litro de óleo despejado no esgoto tem capacidade para poluir cerca de 100 m^3 de água. Ao ser jogado no esgoto encarece o tratamento em até 45%. Sua presença nos rios cria uma barreira que dificulta a entrada de luz e a oxigenação da água, comprometendo assim, a base da cadeia alimentar aquática e prejudicando o equilíbrio ecológico (FERNANDES et al., 2008).

A matéria-prima mais abundante para a produção de biodiesel no Brasil é o óleo de soja, porém medidas governamentais têm incentivado o uso de outras matérias-primas como a mamona, dendê, palma, babaçu entre outros. Não obstante, o elevado preço dos óleos vegetais tem tornado o biodiesel não-competitivo economicamente frente ao diesel de petróleo, sendo necessários programas e incentivos do governo para o recolhimento e reaproveitamento de óleo e gordura residual. Combustíveis alternativos ao diesel de petróleo devem apresentar, além de competitividade econômica, uma técnica de produção definida, aceitabilidade ambiental e disponibilidade (DID, 2010).

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

Diante de todo este contexto, apresenta-se a motivação para a realização do presente trabalho com a finalidade de analisar a viabilidade técnico-econômica e ambiental da produção de biodiesel a partir de OGR em uma pequena unidade de produção em âmbito municipal.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Estudar a viabilidade técnico-econômica e ambiental da implantação de uma miniusina de biodiesel no município de Gurupi.

2.2 Objetivos Específicos

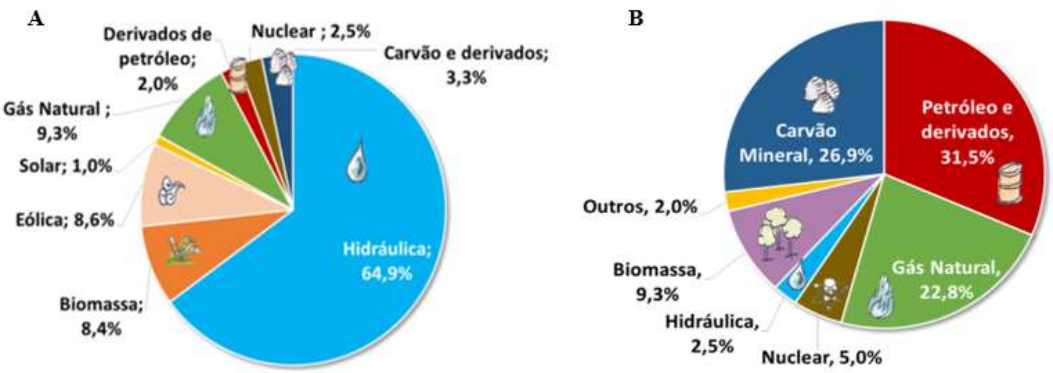
- Revisão bibliográfica sobre biodiesel, tecnologias de processo, fontes alternativas de matéria-prima, projetos com iniciativa de produção de biodiesel a partir de OGR e sobre estudo de viabilidade econômica;
- Analisar a legislação vigente sobre o assunto;
- Verificar a viabilidade do uso de OGR para a produção de biodiesel em Gurupi e definir a escala de operação da miniusina de acordo com a quantidade de matéria-prima disponível;
- Elencar possíveis benefícios socioambientais com a implantação e funcionamento das pequenas unidades de produção de biodiesel;
- Realizar uma simulação de análise de investimento para determinação da viabilidade econômica da produção em pequena unidade de produção e levantar custos para a implantação da miniusina;
- Analisar possibilidade de comercialização dos produtos;
- Viabilizar a utilização do biodiesel em parceria com o poder público municipal beneficiando frota de veículos a diesel.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Matriz energética e o uso do biodiesel como combustível

A matriz energética brasileira sempre foi exemplo para outros países pela sua geração sustentável, através de fontes renováveis como hidrelétricas, a partir de biomassa (etanol e biodiesel) e eólica (COSTA et al., 2010). O contexto no qual o Brasil está inserido, é muito diferente do enredo mundial, por exemplo, ao comparar os dados da Figura 1, o perfil no mundo, apenas 14% da energia advém de fontes renováveis. No Brasil, apesar do consumo de energia de fontes não renováveis ser maior do que o de renováveis, estas são mais usadas do que no resto do mundo. Somando lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana e outras renováveis, 46,2% de toda a energia produzida no país foi originada dessas fontes, no ano de 2019 (EPE, 2019).

Figura 1 - Matriz energética brasileira (A) e mundial (B).



Fonte: EPE, 2019

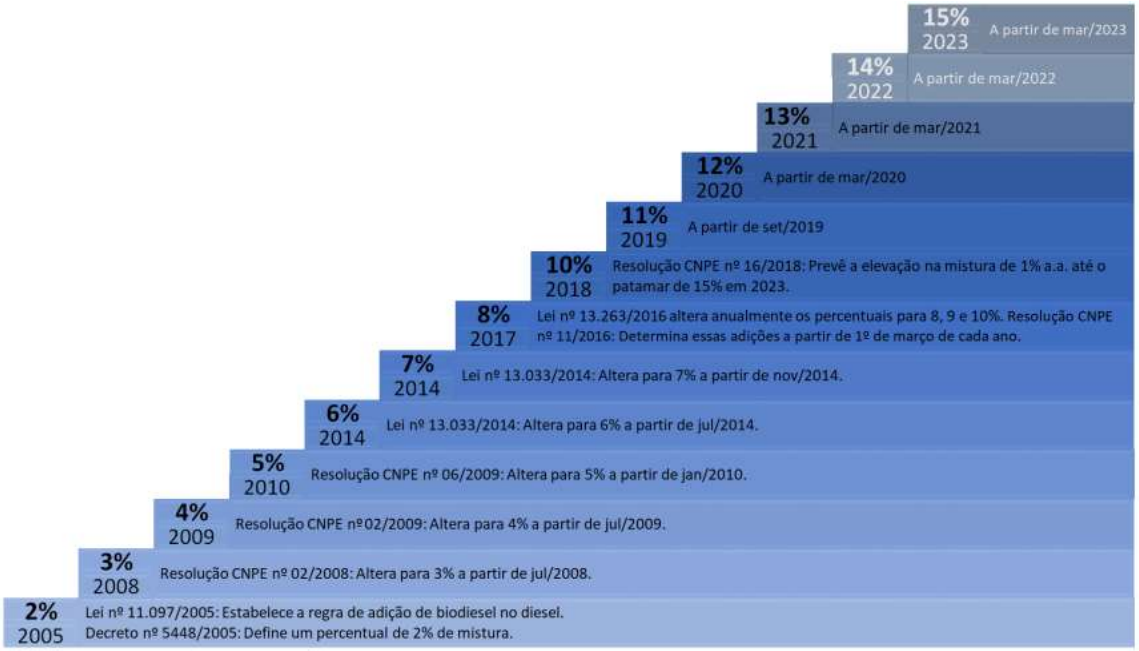
O biodiesel consumido pelos transportes representa 87% do produzido pelo país, sendo 97% absorvida pelo transporte rodoviário, devido adição feita ao diesel combustível, e 3% pelo transporte ferroviário. O restante foi destinado à agropecuária 12% e indústria 3% (EPE, 2020). Esta proporção demandada de biodiesel pelo setor de transporte deverá aumentar motivada pelo aumento da proporção adicionada ao diesel mineral (CNPE, 2018). O biodiesel insere-se na matriz energética brasileira a partir da criação de seu marco regulatório lançado em 6 de dezembro de 2004 pelo Governo Federal, por meio da Medida Provisória 214, convertida na Lei n° 11.097/2005 (BRASIL, 2005).

3.1.1 Evolução do marco regulatório do biodiesel

Desde que foi instituído o uso obrigatório do biodiesel na mistura com o diesel, a partir do ano 2005, observou-se uma rápida evolução (Figura 2) para a adição do biocombustível em maiores teores. O valor inicial foi fixado em 2% em volume, em 2008, alcançando 5% já em 2010, quando o previsto ocorreria somente em 2013. Nos anos subsequentes, houve a elevação gradual dos percentuais mínimos obrigatórios no diesel B, chegando a 12% em março de 2020.

O diesel é classificado pela Resolução ANP n° 50/2013 e Resolução ANP n° 30/2016, em óleo diesel A, B e BX. Considera-se óleo diesel A o combustível de uso rodoviário e não rodoviário, destinado a veículos e equipamentos dotados de motores do ciclo diesel e produzidos através de processos de refino de petróleo e processamento de gás natural, sem adição de biodiesel. O óleo diesel B é o óleo diesel A que contém biodiesel no teor estabelecido pela legislação vigente. O óleo diesel BX é o óleo diesel A que contém biodiesel no teor superior ao estabelecido pela legislação vigente em proporção definida (X%), quando autorizado o uso específico ou experimental conforme Regulamento Técnico ANP nº 3/2014 (ANP, 2014).

Figura 2 - Evolução da proporção de biodiesel misturado ao diesel ao longo do tempo



Fonte: EPE, 2019

A Lei nº 13.263/2016 autorizou o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) a elevar o percentual de biodiesel na mistura até o patamar de 15%, desde que obedecidas as condicionantes de aprovação de testes nos motores para esse teor. O biodiesel puro e o óleo diesel A não podem ser comercializados diretamente ao consumidor final, apenas a mistura de diesel com biodiesel (BRASIL, 2016). Nesse contexto, conforme ilustrado na Figura 2, a

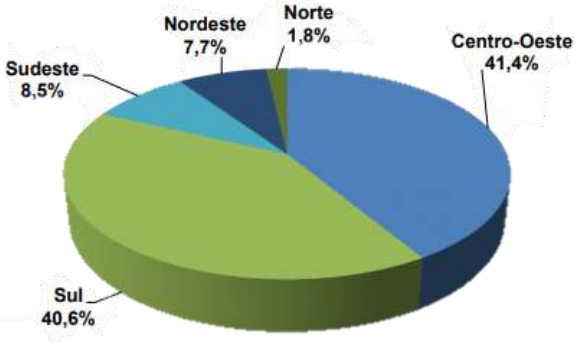
Resolução CNPE n° 16/2018 propôs um cronograma de aumento do percentual de biodiesel na mistura com o diesel de 1% ao ano, atingindo 15%, em 2023 (CNPE, 2018).

3.2 Biodiesel: panorama nacional e matéria-prima para a produção

O biodiesel advém de fontes renováveis e possui ao menos quatro técnicas de processo para sua obtenção. Em 2019, foram consumidos 5,9 bilhões de litros no Brasil, o que representa um aumento de 11,3 % em relação a 2018. O percentual de adição obrigatória do biodiesel à mistura com o diesel fóssil foi elevado de 10 para 11%, em setembro do ano 2019. Este valor alcançou 12% em março de 2020, conforme previsto na Resolução CNPE nº 16/2018 (CNPE, 2018).

Desde o início do Programa de Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) em 2005, já foram produzidos, até dezembro de 2019, mais de 40,6 bilhões de litros deste biocombustível. Comparativamente, o Brasil continua entre os três maiores produtores e consumidores de biodiesel no ranking internacional, junto a EUA e Indonésia (USDA, 2019). Segundo dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o setor de biodiesel brasileiro registrou um total de 51 usinas produtoras em dezembro de 2019 (Figura 3), com maior concentração nas regiões Centro-Oeste e no Sul do país (ANP, 2020).

Figura 3 - Produção regional de biodiesel em 2019.



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2020)

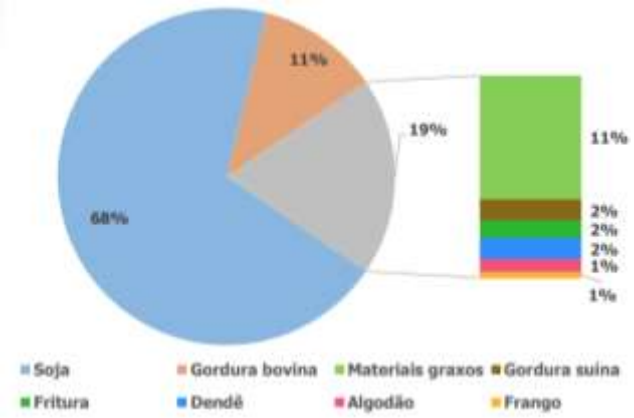
3.2.1 Matérias-primas para produção de biodiesel

De todo o biodiesel consumido em 2019, 3,7 bilhões de litros foram produzidos a partir do óleo de soja, o que equivale a um crescimento de 8% entre janeiro e dezembro de 2019, comparado ao ano de 2018 (ANP, 2020). Conforme ilustrado no gráfico da Figura 4, o óleo de soja figurou como o insumo mais importante para a produção de biodiesel no ano 2019,

representando 68%, seguido diretamente pelo sebo bovino e outras matérias-primas, das quais se destacam os materiais graxos com o percentual de 11%.

A escolha da matéria-prima para a produção de biodiesel é condicionada por fatores de ordem geográfica, assim como pelo preço e pela disponibilidade em cada região do país. O maior obstáculo da comercialização do biodiesel é o preço da matéria-prima, que ocupa 70% a 95% do custo de produção e da tecnologia de produção (YAN et al., 2014). 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 (Figura 4).

Figura 4 - Participação de matérias-primas para a produção de biodiesel em 2019.



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2020).

3.2.1.1 Gordura Animal

Muitos agricultores têm preferido a venda da soja a outros setores do que as indústrias produtoras de biodiesel, devido ao melhor valor agregado a tonelada da soja. Na contramão, a gordura animal vem ganhando espaço e se tornando uma matéria-prima interessante, pois além da não competição no ramo alimentício, tem excelente aproveitamento quanto a sua transformação em biodiesel (MENEGUETTI; ZAN; MENEGUETTI, 2012).

No ano de 2020, foram abatidas 49,19 milhões de cabeças de suínos, 29,55 milhões de cabeças de bovinos, 5,98 bilhões de cabeças de frangos sob algum tipo de serviço de inspeção sanitária (IBGE, 2020). Considerando um peso médio vivo de um suíno de 120 kg, um bovino de 480 kg e um frango de 2,9 kg, após processado possui, em média, um conteúdo de 21,6 kg, 18 kg e 0,0725 kg de gordura por animal abatido, respectivamente (ABCS, 2014; CENTENARO, et. al, 2009). Isso representa um total de 2,02 milhões de toneladas deste

material somente no ano de 2020. Ou seja, nesse ano o potencial de produção de biodiesel a partir da utilização desta fonte, foi de 1,41 milhões de m^3, já que o rendimento do processo de transesterificação é da ordem de 65% a 70% (AGEITEC, 2014).

Após o início da produção de biodiesel, houve uma ascensão do sebo bovino, visto que os investidores despertaram para o papel estratégico desta matéria-prima. Primeiramente pelo seu baixo custo e alta oferta, segundo lugar pelo abastecimento sem concorrência com o mercado de alimentos. Por último, e mais importante, devido a sua taxa de conversão em óleo, que é de 100%. Para exemplificar, 1 kg de sebo bovino se transforma em 1 kg de óleo, ao passo que 1 kg de soja se transforma em 0,170 kg de óleo (KRAUSE, 2008).

Alguns impasses a serem superados no uso da gordura animal para a produção de biodiesel de qualidade são: solidificação em baixas temperaturas, que inviabiliza a utilização nesta condição, decorrente de sua viscosidade cinemática, e também do ponto de fluidez de filtro a frio (19ºC); a necessidade de padronização da qualidade do sebo entregue aos produtores de biodiesel, que pode estar relacionada ao processo de obtenção do sebo pelas graxarias, e também à forma como ele é transportado até o local de processamento. Destacam-se os fatores como imprecisão e qualidade deste tipo de matéria-prima não sejam capazes de suprir a grande demanda da cadeia produtiva do biodiesel, fator esse que mais impacta o uso da gordura animal como fonte viável (BARCELLOS & PERREIRA, 2014).

As alternativas para suplantar esses entraves no uso da gordura animal são: a adição do biodiesel de soja ou diesel mineral ao biodiesel de sebo, corrigindo e prevenindo a ocorrência de congelamento a baixas temperaturas; a criação de regulamentações para a padronização da extração e transporte do sebo bovino até as usinas de processamento, diminuindo fatores que podem aumentar sua perecibilidade; e como alternativa à incerteza da capacidade do sebo bovino de suprir a cadeia produtora de biodiesel, tem-se como via paralela a realização de misturas com o uso do óleo de soja e também o óleo residual de frituras (MARTINS, 2011; MILLI et al., 2011).

3.2.1.2 Óleo e gordura residual (OGR)

A utilização do OGR, por exemplo, óleo de fritura, como matéria-prima para a fabricação de biodiesel, apesar de muito tímida, tem variado pouco no Brasil nos últimos três anos. Dados da ANP demonstram que, atualmente, este insumo tem baixa representatividade para a produção nacional de biodiesel, o que pode revelar um nicho ainda pouco explorado (ANP, 2020). A partir dos OGRs provenientes do saneamento, levando em conta óleos usados, gorduras, escumas e graxas, o Brasil tem potencial de produção de até 460 mil m^3 de biodiesel.

Em relação apenas aos efluentes de estações de tratamento, o Brasil tem potencial para a geração de 220 mil m^3 de biodiesel ao ano, cálculo que toma como base apenas o tratamento de 42% do esgoto gerado no país (DE OLIVEIRA et al., 2014).

Segundo a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), o consumo médio *per capita* de óleos e gorduras é de 4,142 kg ano^{-1} (IBGE, 2019). Considerando que 50% desse consumo se transforma em resíduo, a população de 213 milhões de brasileiros logo teria cerca de 441 mil toneladas anuais de OGR sem um descarte correto assegurado, comprometendo o meio ambiente e a qualidade de vida da população.

As possíveis fontes dos óleos e gorduras residuais são: as lanchonetes e as cozinhas industriais, comerciais e domésticas, onde são praticadas as frituras de alimentos; as indústrias nas quais processam frituras de produtos alimentícios, como amêndoas, tubérculos, salgadinhos e várias outras modalidades de petiscos; os esgotos municipais onde a nata sobrenadante é rica em matéria graxa, que torna possível a extração de óleos e gorduras; águas residuais de processos de certas indústrias alimentícias, como as indústrias de pescados, de couro, etc. (PARENTE, 2003).

O consumo de alimentos fritos e pré-fritos tende sempre a aumentar. Influenciado por razões sociais, econômicas e técnicas, pois cada vez mais as pessoas dispõem de menos tempo para preparação de seus alimentos e, assim, o processo de fritura fornece uma alternativa de sua preparação rápida ao mesmo tempo conferindo aos alimentos fritos características organolépticas agradáveis. Assim, aumentando a quantidade de resíduos gerados (DOBARGANES e PÉREZ-CAMINO, 1991).

Apesar de não haver uma legislação específica no âmbito federal para descarte de óleos, consta no Decreto Federal nº 6514, de 22 de julho de 2008, regulamentando a Lei n° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, artigo 61°, a aplicação de multas de até 50 milhões de reais a quem causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora, através do lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos ou detritos, óleos ou substâncias oleosas em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos (BRASIL, 2008).

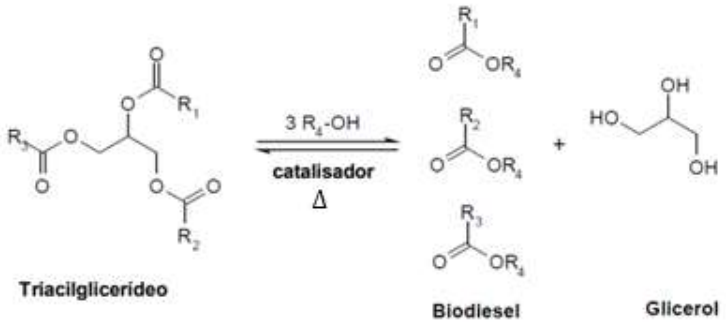
3.2.2 Formas de produção de biodiesel

O biodiesel pode ser produzido por quatro rotas: mistura e uso direto de óleos crus, micro emulsões, craqueamento térmico, esterificação e transesterificação. Há ainda o processo de produção por fluido supercrítico que traz alguns benefícios para o processo de conversão de

óleos vegetais em biodiesel, a destacar o aumento das taxas de transferências de massa e calor e a elevação da velocidade reacional. Como também, o uso da biologia sintética e técnicas de biologia molecular, para a inserção de genes de diferentes organismos capazes de codificar enzimas especificas que levam a uma nova rota metabólica na bactéria *Escherichia coli* para produzir biodiesel, é possível. A engenharia metabólica pode ser uma alternativa viável nesse processo, mas os custos e o escalonamento ainda são entraves (HOWARD et al., 2013).

A reação de transesterificação de óleos vegetais com álcool na presença de um catalisador é o principal método de produção atualmente utilizado (CARDOSO et al., 2020). Esse processo resultará na substituição do grupo éster do glicerol pelo grupo alquílico, o que resultará na produção de glicerina e em mono alquil ésteres, formando o biodiesel (Figura 5). Quando empregado em escala industrial, o catalisador mais utilizado é o alcalino, devido a suas características favoráveis de operação, tais como baixo custo, uso de equipamentos simples e uma elevada taxa de reação (MENESES et al., 2012).

Figura 5 - Reação de transesterificação de triacilgliceróis



Fonte: Autor, 2021.

Embora a catálise alcalina seja escolhida com frequência, entretanto, possui diversos problemas como a necessidade de tratamento do efluente alcalino gerado e o alto consumo de água durante a lavagem nas etapas de purificação do biodiesel. Isso leva a um impacto significativo no meio ambiente. Além disso, se o óleo contiver pequenas quantidades de ácidos graxos livres favorece a saponificação, o que leva a uma redução no rendimento da reação, além de dificultar o processo de purificação (HAEASH et. al., 2009).

Por outro lado, a catálise enzimática tem potencial para superar os impasses supracitados. Haja vista que as enzimas são biodegradáveis, não há a formação de sabões no processo, o glicerol pode ser facilmente recuperado sem tratamento complexo. Além disso, o consumo de energia no processo é menor, pois a temperatura de reação é mais baixa, há uma drástica redução na quantidade de efluentes e, as enzimas podem ser recuperadas e reutilizadas.

A produção do biodiesel em escala industrial utilizando enzimas, no entanto, não tem sido adotada principalmente devido ao alto custo dos biocatalisadores (BIODIESELBR, 2011).

Independente do catalisador utilizado, a reação de transesterificação corresponde a uma reação reversível, em que sua cinética obedece ao princípio de *Lê Chatelier* (NETTO; DRUCIAKI, 2014). Portanto, o rendimento final dependerá do deslocamento do equilíbrio químico para a formação do produto mono alquil ésteres (MENESES et al., 2012). Condições para otimizar este rendimento vêm sendo utilizadas, como temperatura de reação, concentração e caráter do catalisador, o tamanho da cadeia de álcool, bem como o excesso de álcool, de modo a deslocar o equilíbrio da reação para a formação dos produtos, pois além de aumentar o rendimento de ésteres ajudará na separação da glicerina livre que será formada ao término da reação (MARQUES et al., 2011).

O metanol é o álcool frequentemente usado no processo de produção de biodiesel. É mais eficiente tanto na velocidade quanto no rendimento da reação quando comparado, por exemplo, ao etanol. O uso de metanol na reação torna mais eficiente a separação da glicerina no processo de purificação. O baixo custo econômico é um dos fatores mais relevantes para sua escolha, embora é uma *commodity* e, portanto, tem seu preço de venda determinado pela interação entre oferta e demanda no mercado mundial. No entanto, o uso do metanol apresenta algumas desvantagens, como sua alta toxicidade. O fato de um dos reagentes ser de fonte não renovável faz com que o biodiesel escape parcialmente do conceito de combustível verde (VERMA; SHARMA & DWIVEDI, 2016; PINHO & SUAREZ, 2017).

O etanol é predominantemente produzido a partir de matérias-primas vegetais, como cana-de-açúcar, beterraba, mandioca, batata, milho, etc. (MOFIJUR et al., 2016). A rota etílica tem como vantagens: alta disponibilidade do etanol no Brasil, ésteres etílicos apresentam maior índice de cetano e lubricidade, ao contrário do metanol, o etanol é menos tóxico e volátil, sendo um substituto inofensivo do metanol na produção de biodiesel (BATENI E KARIMI, 2016). Porém, o uso do etanol é menor no processo de produção do biodiesel devido a alguns fatores, entre eles: a menor reatividade em relação ao metanol, exigindo maior excesso de produto, maior temperatura e maior tempo de reação. Esses fatores levam a aumentos significativos nos custos operacionais. O etanol também favorece a formação de emulsão, dificultando a separação do produto. Assim, no contexto atual, a produção de biodiesel a partir da rota do etanol em escala industrial torna-se atrativa quando o etanol apresenta um preço significativamente inferior ao do metanol (PINHO & SUAREZ, 2017; MENDOW et al., 2011).

3.3 Importância das pequenas unidades de produção

No Brasil existem inúmeras empresas que comercializam pequenas unidades de produção de biodiesel, com capacidade na faixa de até 10 m^3 por dia. O biodiesel é normalmente produzido em três escalas diferentes: industrial, média e pequena. A produção em pequena escala gera até 38 m^3 por batelada e o processo químico utilizado é o mesmo, se não muito similar, aos outros níveis (KEMP, 2006).

Nos termos da regulamentação, Resolução ANP nº 34, de 2016, fica sujeito à prévia anuência da ANP o uso experimental ou específico de biodiesel ou de sua mistura com óleo diesel A (óleo diesel BX), em quantidade superior ao percentual de adição de biodiesel obrigatória, conforme autorizado pelo art. 1º, inciso IV, da Resolução CNPE nº 3, de 2015. Porém, é dispensada a prévia anuência da ANP o uso experimental ou específico, caso o consumo mensal do combustível a ser testado seja inferior a 10 m^3 (ANP, 2016).

As usinas de pequena escala que produzem biodiesel têm muitas vantagens sociais, econômicas e ambientais. Na verdade, as pequenas usinas contribuem significativamente para a produção de energia renovável e o desenvolvimento rural. As comunidades podem usar/reutilizar matérias-primas locais e gerenciar processos de forma independente para obter biocombustíveis por meio de ferramentas essenciais, simples, flexíveis e baratas para o autoabastecimento (DE PAOLA et al., 2021). A produção de biodiesel em plantas de pequena escala é conveniente pela facilidade de realização, unidades individuais de baixo custo e monitoramento de processo barato (SCHUMACHER & GUSTAFSON, 2021).

Nos últimos anos são apresentados trabalhos em que são abordadas questões econômicas e ambientais relacionadas à implantação de pequenas unidades de produção. Dentre estes destaca-se o trabalho desenvolvido por Castellanelli e Cunha (2015), utilizando óleos residuais como matéria prima. Neste trabalho totalmente teórico, sem levantamentos de campo, os autores concluíram que a produção de biodiesel empregando óleos residuais como matéria-prima é viável do ponto de vista econômico e resultam em ganhos ambientais, pois mitiga 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.

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 às 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 considerar nas análises a tríade econômica, ambiental e social de forma igualitária.

3.4 Métodos de avaliação de viabilidade econômica

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

O VPL de um fluxo de caixa é obtido pela soma algébrica de todos os valores do fluxo de caixa, trazidos para o presente. O projeto que apresenta o VPL maior que zero (positivo) é economicamente viável, sendo considerado o que apresentar maior VPL (GAIA, 2015). O cálculo do VPL é representado abaixo pela equação 1.

$$VPL = \sum_{t=1}^{n} \frac{FC_t}{(1+TMA)^t} - FC_0 \qquad \text{Equação1}$$

Em que: n= Índice Final; FC_t= Fluxo de Caixa no tempo; TMA= Taxa Mínima de Atratividade; t= Tempo de Investimento; FC_0= Fluxo de caixa inicial.

Já a TIR a taxa que iguala os recebimentos futuros aos investimentos de saídas, 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 (LIZOTE, 2014). Para critério de decisão, se a TIR ≥ custo de capital, aceita-se o projeto, caso contrário, rejeita-se o projeto. O cálculo da TIR é representado abaixo pela equação 2.

$$\sum_{t=0}^{n} \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} = 0 \qquad \text{Equação 2}$$

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 (ETGES & SOUZA, 2016).

3.5 Projetos com iniciativa para produção de biodiesel a partir de OGR

O programa biodiesel, mantido pela Prefeitura de Osasco, por meio da Secretaria de Meio Ambiente (SMAO), tem por objetivo contribuir com a despoluição, manutenção dos recursos naturais e melhorar a qualidade do ar, através da diminuição da emissão de poluentes atmosféricos oriundos do uso do diesel. Atualmente, além de palestras de conscientização,

existem 839 pontos de coletas de óleo de cozinha usado espalhados pelo município. Todos os parques municipais são pontos de coleta permanentes. Até o mês de novembro de 2017, a SMAO registrou a coleta de 454 m^3 de óleo de cozinha usado. O montante equivale aos 10 anos de existência do programa, criado em 2008 (APROBIO, 2018).

Desde o ano de 2000, existe, no campus da Universidade Estadual de Santa Cruz, em Ilhéus (BA), uma planta piloto de produção de biodiesel de éster metílico, a partir de óleo de dendê e gorduras residuais. A planta tem capacidade de produção de 1,4 m^3 por dia, que pode ser adaptada para a produção de éster etílico. O biodiesel produzido está sendo testado em frotas de veículos da própria universidade e em embarcações que circulam na Baía de Camamu. O projeto tem um aspecto ambiental e social muito importante, pois recolhe os óleos utilizados na cidade, em cozinhas industriais, restaurantes etc. para serem beneficiados e transformados em combustíveis (NETO et. al., 2000).

No Rio de Janeiro, existe uma unidade piloto de produção de biodiesel, baseada em óleos de frituras usados, cuja capacidade produtiva é de 6,5 m^3 por dia. A Hidroveg Indústrias Químicas Ltda., que fornece matéria-prima, óleos vegetais, novos e usados, e gordura animal, realiza a coleta dos 25 m^3 mensais de óleo de fritura usados e doados pela Rede *McDonalds*, pré-purifica esse insumo e o fornece à Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) para produção durante a etapa de testes, enquanto a planta de beneficiamento produz 200 m^3 de biodiesel por dia e utiliza a rota metílica (PARENTE, 2003).

Algumas cidades, como Ribeirão Preto (SP), já utilizam o biodiesel em suas frotas de ônibus urbanos. A Universidade de São Paulo (USP), a prefeitura dessa cidade e o *McDonald's* assinaram carta de intenções para produzir biodiesel a partir de óleo vegetal usado na fritura de hambúrgueres e de batatas pela rede americana. A intenção é de que os 256 veículos a diesel da prefeitura passem a usar biodiesel ao invés do óleo diesel convencional (LIMA, 2005).

O programa "Olho no Óleo" está em execução, no estado de Goiás, nas cidades de Goiânia, Aparecida de Goiânia, Anápolis, Itumbiara e Morrinhos. Foi lançado em março de 2012, está aberto à participação de qualquer interessado, que recebe um crédito imediato na fatura de água e esgoto relativo à quantidade de óleo entregue em qualquer dos pontos de coleta existentes. A remuneração é de R$ 0,50 por litro de óleo entregue. O óleo residual comprado pela Companhia de Saneamento de Goiás S/A (SANEAGO) é repassado à empresa GRANOL, que compra o óleo em licitação e está pagando R$ 1,00 por litro (SEDUC, 2018).

A Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) promove desde 2008, em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Agroenergia, o Projeto Biguá, que mantém 25 pontos de coleta de resíduos de fritura, distribuídos por 19 regiões administrativas. Os recursos são financiados pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). O óleo coletado é destinado para Arranjos Produtivos Locais (APL), organizados para produção de Biodiesel a ser utilizado em frota própria e de terceiros, além da produção de sabão. Com a ação, a companhia evita o despejo de 400 a 600 litros de óleo ao mês no esgoto, diminuindo a poluição e gastos com manutenção (NETO, 2015).

Uma das cidades mais poluídas da região metropolitana de São Paulo deu um passo importante para ajudar a melhorar a qualidade do ar em Guarulhos com a construção de uma nova usina de biodiesel que produz mais de 20 m^3 do combustível por mês que é menos poluente. Além disso, existe a produção de sabão ecológico a partir de óleos e gorduras residuais (OGR). A planta da usina utiliza o método da transesterificação, o processo produtivo não requer água e não gera efluentes. O método é certificado pela ANP pelo alto padrão de qualidade relacionado a umidade, acidez e impurezas (UBRABIO, 2018).

O Projeto Lagoa Biodiesel em Santa Catarina, pesquisa e produz biodiesel a partir de OGR e etanol. Objetiva a remoção de fontes poluentes na Lagoa da Conceição, produzindo um combustível menos tóxico, biodegradável e mais barato do que o "*petrodiesel*" (PROJETO LAGOA BIODIESEL, 2010).

Em Florianópolis-SC, a Fazenda Esperança, uma unidade de reabilitação de dependentes químicos, criou o projeto Sabão Esperança, objetivando incentivar a coleta seletiva de OGR e outros resíduos orgânicos para a fabricação de sabões e sabonetes, e a reciclagem de frutas, folhas e cascas para a fabricação de essências. Com a venda destes produtos ou até mesmo com o uso destes em suas instalações, os internos colaboraram com a redução de gastos da Fazenda (TUZIMOTO et al., 2005).

Em 2013, o município de Santa Rosa - RS inaugurou oficialmente uma miniusina de biodiesel que integra um complexo de reciclagem onde é usado principalmente para processar o OGR coletado na cidade. O equipamento foi financiado pelo Fundo Municipal de Saneamento Básico e contempla a administração pela Cooperativa Agropecuária de Economia Solidária (COOPERSOL) (BIODIESELBR, 2013).

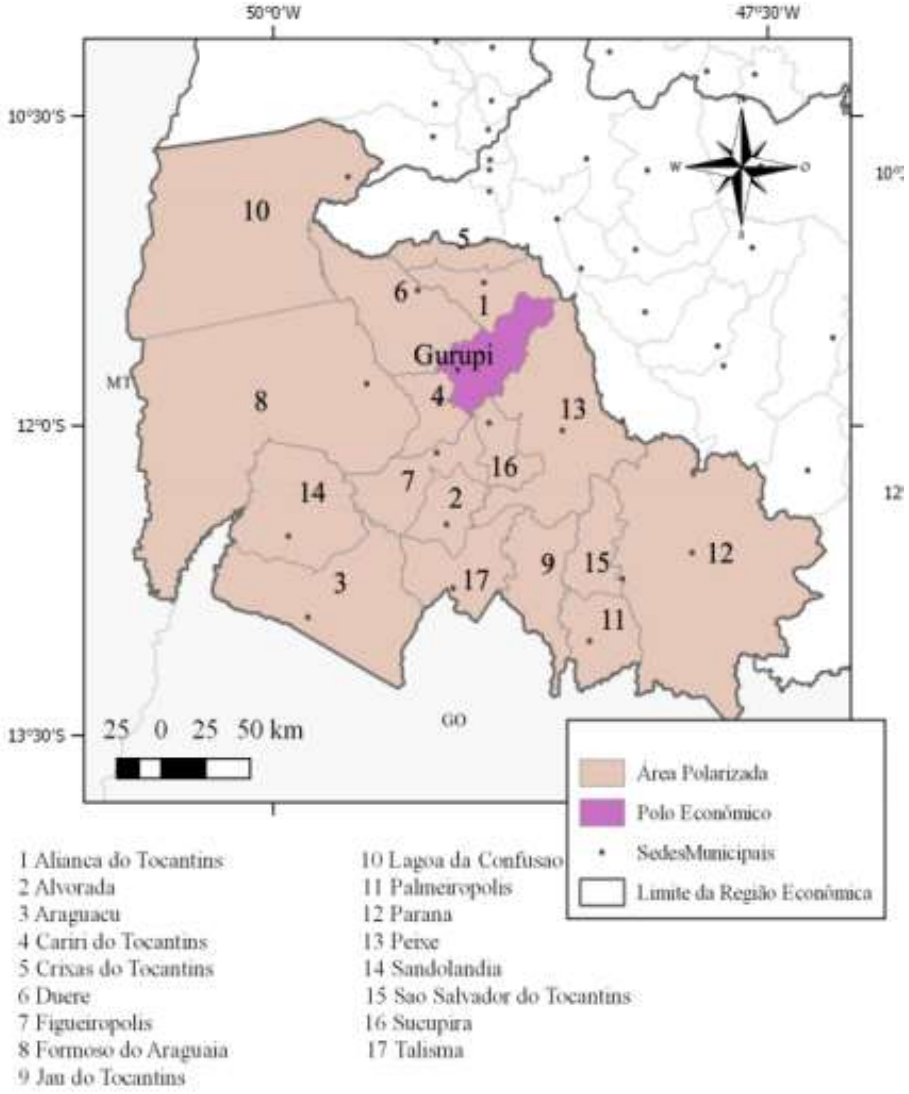
O Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU) no município de Porto Alegre dá o destino adequado para todos os tipos de resíduos. Entre eles encontra-se o resíduo vegetal, que nada mais é o óleo de fritura gerado nas residências, bares, restaurantes e similares. Em Porto Alegre existem 138 postos de entrega voluntária de óleo de fritura, distribuídos por toda a cidade e o óleo é encaminhado depois à reciclagem (DMLU, 2010).

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização do local de pesquisa

A região estudada foi o município de Gurupi -TO (Figura 6), que tem uma área total de 1.844,164 km^2 e uma população de 76.755 habitantes, sendo que a estimativa para 2020 é de 87.545 habitantes, em que 97,7% moram na zona urbana e 2,3% são moradores da zona rural (IBGE, 2010). Seus habitantes são chamados de gurupienses e é a terceira maior cidade do Tocantins, sendo o polo regional de toda a região sul do Estado. A cidade está inserida na área de duas bacias hidrográficas, sendo: Bacia do Rio Formoso do Araguaia e Bacia do Rio Santo Antônio. Na área urbana do município de Gurupi passam quatro córregos principais: Mutuca, Água Franca, Pouso do Meio e Dois Irmãos (RIBEIRO, 2013).

Figura 6 - Ilustração da localização da região metropolitana de Gurupi



Fonte: BARBOSA, et. al, 2019

A Região Metropolitana de Gurupi foi instituída pela Lei Complementar Estadual nº 93, de 3 de abril de 2014. Logo, a região é formada por 18 municípios do sudoeste do Tocantins sendo eles Aliança do Tocantins, Alvorada, Araguaçu, Cariri do Tocantins, Crixás do Tocantins, Dueré, Figueirópolis, Formoso do Araguaia, Gurupi, Jaú do Tocantins, Lagoa da Confusão, Palmeirópolis, Peixe, Sandolândia, São Salvador do Tocantins, Sucupira e Talismã. Sua população foi estimada em 2020 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 196.530 habitantes e possui uma área total de 58.567,887 km². Se encontra na porção sudoeste desta região, a maior ilha fluvial do planeta, a ilha do Bananal é formada pela bifurcação do rio Araguaia (Figura 6).

4.2 Procedimentos e técnicas de coleta dos dados

4.2.1 Método de amostragem aplicada aos questionários

O método de amostragem é usado aqui para calcular o tamanho da amostra em uma tabela. Um nível de confiança de 95% *e* = 0,05, tem-se que 0,07 e 0,1 também são assumidos para diferentes tamanhos de população, conforme ilustrado pela equação 3. A fórmula de *Slovin* é uma equação geral que é utilizada quando se precisa estimar uma população, mas não se tem ideia do comportamento dela (ISRAEL, 2013).

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \qquad \text{Equação 3}$$

Em que n é o tamanho da amostra, N é o tamanho da população, e *e* é o nível de precisão.

Considerando N = 87.545; *e* = 0,05 obteve-se uma amostra mínima n = 398. O erro é considerado aceitável em função das características dos dados avaliados, bem como da intenção desta pesquisa.

4.2.2 Instrumentos de coleta de dados

A próxima etapa consistiu no desenvolvimento e aplicação de um questionário feito no *Google Forms*, objetivando obter informações para auxiliar na definição de uma distância máxima para que uma pessoa caminhe de sua residência até um determinado ponto de coleta. Tal distância será definida analisando as respostas para a pergunta “Qual distância você estaria disposto a andar para descartar óleo e/ou gordura de cozinha corretamente?”. O questionário (APÊNDICE A) também buscou informações referentes a caracterização da população (sexo, faixa etária e moradores por residência) e hábitos (quantidade de óleo residual gerada e formas de descarte do resíduo). O questionário composto de oito perguntas de múltipla escolha e cinco abertas e foi aplicado para a população do município de Gurupi.

Visando definir os locais dos pontos de coleta e o volume de óleo residual a ser destinado para cada ponto, foram feitas, ao redor de cada ponto de coleta, circunferências de raio correspondente a distância máxima para que uma pessoa caminhe de sua residência até um ponto de coleta. Para tal, foi utilizado o *software Google Earth Pro*, no qual foram desenhadas as circunferências no mapa da área de estudo. Após a definição dos locais dos pontos de coleta foi preciso detalhar aspectos como a capacidade em cada um deles e a roteirização de veículos.

Depois da localização dos pontos de coleta iniciais e finais determinados foi possível calcular rotas otimizadas para que o veículo recolha o OGR em todos os pontos de coleta e o conduza para o local que realizará a destinação adequada do resíduo, visando percorrer menores distâncias. Para a realização da roteirização podem ser utilizados *softwares online* que efetuam cálculos baseados em algoritmos matemáticos. No presente estudo foi utilizado o *App Routin*, apresentado no tópico custo do sistema de coleta.

4.3 Elaboração de minuta de lei para o município de Gurupi -TO

Para tal finalidade seguiram-se as instruções presentes na Lei Complementar Federal n° 95 de 26 de fevereiro de 1998 e o Manual de Redação da Presidência da República.

Um projeto de lei deve conter três partes:

I - a parte preliminar informa o objetivo do projeto de lei, o campo de abrangência ou aplicação da norma;

II - a parte da norma, ou seja, o conteúdo do projeto de lei, dividido em artigos, parágrafos, alíneas, incisos e itens;

III - a parte final traz informações complementares, como o prazo de validade da lei e outros atos que sejam necessários à validação dela.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Ações e percepções ambientais em relação ao OGR

Através do questionário aplicado durante o período entre 18 de julho de 2021 a 19 de setembro de 2021, coletou-se os resultados referentes a ações e percepções ambientais das residências que utilizam óleo e/ou gordura em seus processos. Quanto a esta etapa, obtiveram-se 79 respostas, não atendendo a amostra mínima determinada (398 respostas). Portanto, os resultados obtidos não foram considerados para cálculos de média *per capita* de litros descartados de OGR por habitante, tampouco mensurar a conscientização ambiental dos indivíduos.

5.2 Vocação regional para produção de biodiesel

O município de Gurupi-TO e a região são grandes produtores agrícolas com destaque para os grãos de soja, milho, arroz que servem como matérias-primas para produção de biocombustíveis como o biodiesel. No entanto, a maior questão que gira em torno deles é que acabam entrando em concorrência com a produção de alimentos. Assim, em algum momento podem prejudicar a oferta de comida no mercado. Contudo há outras fontes não alimentares e prontamente disponível de lipídios de baixo custo para a produção de biodiesel quando comparado ao processo a partir de óleos vegetais comestíveis, como lodo de esgoto, gordura animal e OGR em abundância na maioria das cidades brasileiras.

Nos últimos anos, o lodo proveniente de estação de tratamento de esgoto (ETE) foi exaustivamente examinado quanto ao seu papel potencial na produção de biodiesel (TRAN-NGUYEN et al., 2015). Além disso, na cidade de Gurupi cerca de 30% das residências têm seu esgoto canalizado, em que são produzidos lodo de esgoto em média 5.000 kg $mês^{-1}$ (NETO & PERON, 2012). Pesquisadores avaliaram a capacidade de extração de óleo e gordura provenientes de lodos de esgotos por diferentes tipos de solventes, e demonstraram que de todo peso seco do lodo, 18% são equivalentes a lipídeos, dos quais 65% são formados por ácidos graxos livres, 7% de glicerídeos e 28% de materiais não saponificáveis (BOOCOCK et al., 1992). Conforme estas informações Gurupi tem capacidade de produção em torno de 900 kg $mês^{-1}$ de OGR dessa fonte de matéria-prima. No entanto, resta superar tecnologicamente as maiores limitações à sua utilização, que é a organização de sistemas de coleta e purificação (BOOCOCK et al., 1992).

Além disso, se considerar a capacidade de abate das indústrias frigoríficas situadas em Gurupi-TO e que um bovino proporciona o rendimento de 18 kg de sebo e uma ave 0,0725 kg

de gordura, ao efetuar a contabilidade resulta no volume potencial de 15,5 toneladas por dia de gordura animal. Na cidade há a instalação da empresa SINAMONE que é um abatedouro de aves com capacidade de abater até 300 frangos por dia (CONEXÃO TOCANTINS, 2019). Como também, a planta da Cooperativa dos Produtores de Carne e Derivados de Gurupi (COOPERFRIGU), que tem a capacidade aproximada de abate de 820 bovinos por dia *(*ABRAFRIGO, 2019). Ainda conta com o grupo Paulon e Maia com capacidade de abate de aproximadamente 40 bovinos diariamente (RODRIGUES et. al, 2009). Porém, os principais problemas associados à utilização da gordura animal pela indústria de biocombustíveis estão relacionados a: a obtenção, qualidade da matéria-prima, e algumas características físico-químicas que lhe são intrínsecas.

5.2.1 Produção potencial de OGR por Gurupi e região

Por uma questão operacional, para a realização do levantamento quantitativo do resíduo de óleo e gordura de cozinha, bem como da sua correlação com os dados existentes, utilizou-se a unidade de volume litro, demandando a conversão dos dados do IBGE, que se apresentavam na unidade quilograma, também para litro. Cada 1 kg de óleo corresponde a 1,21 L. Assim sendo, o consumo per capita de óleo e gordura por ano no Tocantins que é de 4,142 kg, e que corresponde a 0,345 kg por mês, convertendo para litro tem-se o consumo equivalente a 0,418 L $mês^{-1}$ $pessoa^{-1}$, no entanto, para efeito de estimativa 50% deste valor tornar-se resíduo (POF, 2018). Levando em consideração o número de habitantes e a quantidade gerada de 0,21 L de óleo e gordura residual hab^{-1}. $mês^{-1}$, Gurupi-TO tem o potencial de descarte de OGR aproximado de 18.384,45 L $mês^{-1}$. Se considerar a região metropolitana poderia ter um descarte de aproximadamente 41.271,30 L $mês^{-1}$ de OGR, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Volume OGR gerado por munícipio da região metropolitana

Região Metropolitana	**População** (hab.)	**OGR gerado** (L $mês^{-1}$)
Aliança do Tocantins	5.346	1.122,66
Alvorada	8.396	1.763,16
Araguaçu	8.467	1.778,07
Cariri do Tocantins	4.441	932,61
Crixás do Tocantins	1.735	364,35
Dueré	4.686	984,06
Figueirópolis	5.243	1.101,03
Formoso do Araguaia	18.399	3.863,79
Gurupi	87.545	18.384,45

Continuação Tabela 1 - Volume OGR gerado por munícipio da região metropolitana

Jaú do Tocantins	3.878	814,38
Lagoa da Confusão	13.676	2.871,96
Palmeirópolis	7.676	1.611,96
Peixe	11.873	2.493,33
Sandolândia	3.373	708,33
São Salvador do Tocantins	3.094	649,74
São Valério	3.904	819,84
Sucupira	1.986	417,06
Talismã	2.812	590,52
Total	196.530	41.271,30

Fonte: Adaptado dos dados do IBGE (2010).

Neste contexto, sugere-se uma unidade de produção com capacidade de processamento de 1000 litros por dia de OGR, durante 22 dias por mês. Para tal, a quantidade necessária de matéria-prima fica na ordem de 22.000 L $mês^{-1}$, sendo necessária uma população de 105.000 habitantes para gerar a quantidade de óleo residual referente ao processamento mensal. Portanto, como a população de Gurupi é menor será preciso captar o volume de OGR gerado pela região metropolitana, considerando os municípios que distam em torno de 70 km da cidade, como também 80% do volume potencial de OGR gerado é coletável, logo resulta em no valor de 9.115,55 L $mês^{-1}$ (Tabela 2). Este valor somado ao potencial descarte de OGR mensal de Gurupi resulta em um volume de 27.500 L $mês^{-1}$ de OGR, mas devido às impurezas e aos processos de filtragem, aproveita-se em média 80%. O custo de obtenção de OGR é cerca de 2 a 3 vezes menor do que o de óleos vegetais comestíveis. Portanto, o biodiesel produzido por óleos usados/reciclados pode diminuir os preços do biodiesel e diminuir a sobrecarga ambiental proveniente do descarte deles (SHALABY, 2015).

Tabela 2 - Volume de OGR coletável da região metropolitana de Gurupi-TO

Região Metropolitana	**População** (hab.)	**OGR gerado** (L $mês^{-1}$)	**OGR Coletável** (L $mês^{-1}$)
Aliança do Tocantins	5.346	1.122,66	907,33
Cariri do Tocantins	4.441	932,61	753,73
Crixás do Tocantins	1.735	364,35	294,47
Dueré	4.686	984,06	795,31
Figueirópolis	5.243	1.101,03	889,85
Formoso do Araguaia	18.399	3.863,79	3122,70
Peixe	11.873	2.493,33	2015,10
Sucupira	1.986	417,06	337,07
Total	53.709	11.278,89	9115,55

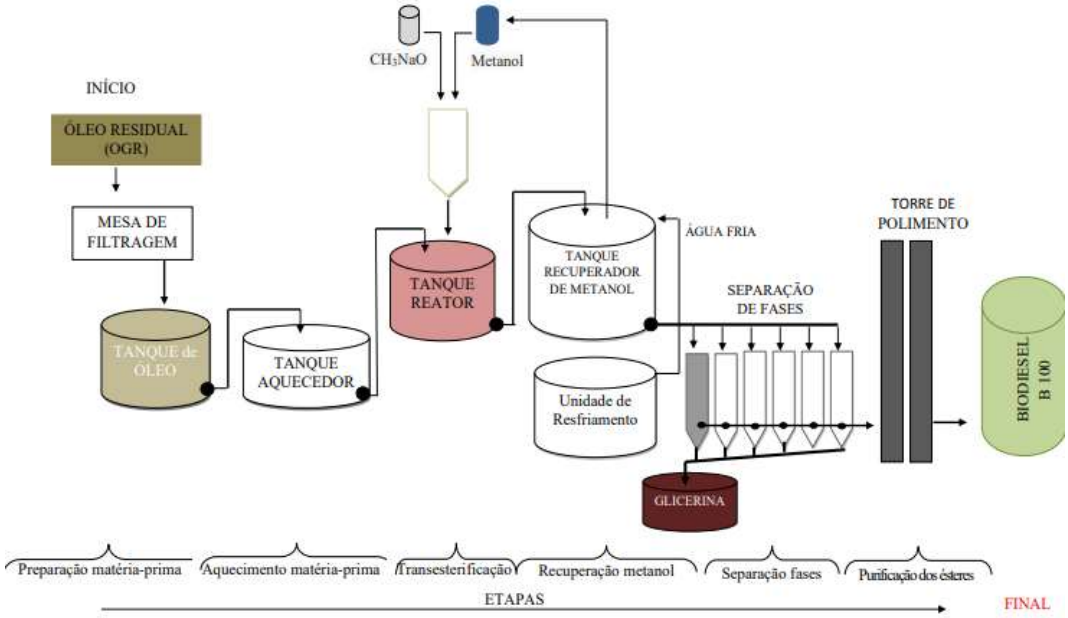
Fonte: Adaptado dos dados do IBGE (2010).

5.3 Etapas do processo na pequena unidade industrial

A produção de biodiesel utilizando OGR como matéria-prima em processo de transesterificação alcalina necessita de seis etapas de processamento, as quais podem ser visualizadas na Figura 7. Este esquema representa a miniusina escolhida para análise deste trabalho, pois a empresa está há mais de 10 anos no mercado e destaca-se por não gerar efluentes líquidos, e, dessa forma, os custos com prováveis tratamentos são mitigados.

Na primeira etapa de processamento ocorre a atividade de preparação da matéria-prima (OGR), que 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 podem vir de diferentes locais e chegarem sem nenhum tratamento prévio.

Figura 7 - Etapas de processamento de biodiesel utilizando OGR como matéria-prima



Fonte: FANTINEL, 2016.

Na sequência o óleo já purificado é encaminhado com auxílio de bomba, para o tanque de medição, em que é previamente aquecido a temperatura de 65ºC, que 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. 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 empregadas no processo de

transesterificação respeitam uma razão molar óleo/metanol a depender do interesse. A mistura de metanol com 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 a reação é mantida sob agitação por um período de 45 minutos, para atingir o grau de conversão em ésteres desejado.

Ao final do processo de transesterificação, a mistura contendo biodiesel e glicerina é encaminhada para o destilador para remoção do metanol residual. O tempo de realização desta operação é estimado em uma hora. O metanol evaporado passa por um sistema de refrigeração, no qual é condensado, sendo posteriormente encaminhado por gravidade para o tanque de armazenagem de metanol, para posterior utilização em novos processos.

Após remoção de parcela do metanol a mistura restante, contendo o biodiesel e a glicerina, é bombeada para os tanques de decantação, de formato cônico para promover a separação da mistura biodiesel/glicerina. O tempo de descanso, para garantir uma efetiva separação entre as fases, pode variar entre horas ou alguns dias. Na sequência do processo a glicerina é removida pelo fundo do equipamento, quantificada por pesagem, e posteriormente encaminhada, com auxílio de bomba para o tanque de armazenagem de glicerina residual.

O biodiesel formado é quantificado através de pesagem, e posteriormente pressurizado, com auxílio de bomba centrifuga para passagem pelas colunas de purificação, para remoção dos álcalis não separados no processo de decantação. A resina empregada no processo de purificação pode ser de matriz inorgânica ou matriz orgânica.

O biodiesel purificado e encaminhado para o tanque de armazenagem, na parte externa da unidade industrial, através da tubulação de recalque. Nessa tubulação poderá conter um hidrômetro para quantificar a quantidade de biodiesel encaminhada a unidade de abastecimento. Após o término do processo de produção de biodiesel de OGR, coletam-se amostras para caracterização físico-química.

5.4 Determinação dos custos de processamento

Esta etapa destina-se ao cálculo dos custos de processamento do biodiesel em uma pequena unidade de produção, empregando o método ABC conforme procedimentos utilizados por Weschenfelder (2011), Fabrício (2011) e Taborda (2014). A usina opera de forma batelada e possui, segundo o fabricante, capacidade de realizar cinco bateladas dia^{-1}. Em cada batelada é possível a produção de 200 litros de biodiesel, totalizando uma produção diária máxima de 1000 litros de biodiesel.

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 já descritas acima. Já para os elementos de despesa foram definidos os seguintes itens: Trabalho (h), energia elétrica (Kw), depreciação de equipamentos e das instalações (% ano^{-1}), catalisador (Kg) e resina de polimento (Kg), conforme ilustrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Identificação dos elementos de despesa para cada atividade

Atividades	**Elementos de despesa**				
	Trabalho	Energia	Depreciação	Catalisador	Resina
Preparação da matéria-prima	X		X		
Aquecimento da matéria-prima	X	X	X		
Transesterificação	X	X	X	X	
Recuperação do Metanol	X	X	X		
Separação de Fases	X	X	X		
Purificação	X	X	X		X

Fonte: do autor 2021.

Na Tabela 3 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 trinta minutos, seguidos da preparação da matéria-prima com uma hora e quinze minutos, purificação com uma hora, recuperação do álcool com uma hora, transesterificação com quarenta e cinco minutos e aquecimento da matéria-prima com trinta minutos, totalizando seis horas. Esses valores são baseados em experimentos de bancada.

Tabela 3 - Tempo por atividade para processamento de 200 litros de OGR

Atividades	**Tempo (h)**
Preparação da matéria-prima	1,25
Aquecimento da matéria-prima	0,5
Transesterificação	0,75
Recuperação do Metanol	1
Separação de Fases	1,5
Purificação	1
Total	6

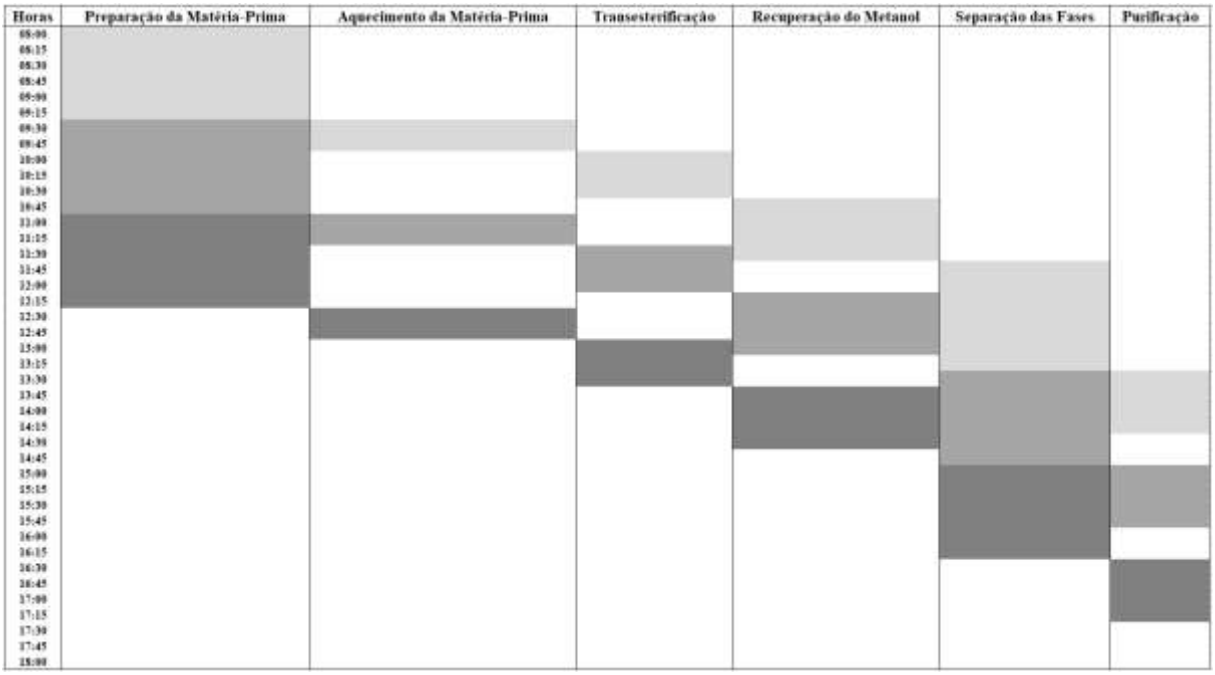
Fonte: do autor 2021.

A Figura 8 ilustra, através do diagrama de sequência temporal, que no período de 10 h, por exemplo, referente a um turno de trabalho entre 08h e 18h, é possível realizar até três bateladas de 200 L, totalizando um processamento de 600 L dia^{-1}. O fabricante do equipamento

fornece a informação da possibilidade de produção de até 1000 L dia^{-1}, contudo, não relata a jornada de trabalho necessária para alcançar este objetivo.

Os dados obtidos no diagrama de sequência temporal serão utilizados para definir quantas horas de operação 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 trabalhada permite determinar o custo do elemento de despesa para a realização de cada uma das atividades do processo.

Figura 8 - Diagrama de sequência temporal para produção por batelada



Fonte: do autor 2021.

O custo da hora de trabalho de um operador foi definido com base no salário-mínimo regional do Tocantins (R$ 1.100,00) o valor diário é R$ 36,67. Deve ser acrescido de décimo terceiro (8,33%), férias (11,11%), Fundo de Garantia do Tempo de Serviço 11,20% (FGTS) e Seguro Social 13,38%, (INSS), logo valor diário final é R$ 48,71. No cálculo foi computada a operação da unidade de segunda a sexta-feira, 10 h dia^{-1}, 17 dias mês^{-1}, totalizando 170 h mês^{-1}. Dividindo a remuneração mensal pelo número de horas trabalhadas resulta em um custo de R$ 4,87 h^{-1}.

Para efeitos de cálculo neste trabalho considerou-se que a cada 1 L de OGR resulta em 0,8 L de biodiesel e 0,20 L de glicerol, a capacidade de processamento 12.750 L mês^{-1} de OGR, perdas com pré-tratamento do OGR em 20%, a densidade do biodiesel ρ_{B100} = 0,89 kg L^{-1}, cotação do US$ 1,00 → R$ 5,25; € 1,00 →R$ 6,26.

Como estão ocorrendo diferentes atividades operacionais simultaneamente, o mesmo operador consegue realizar diferentes ações na 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 50% do tempo da atividade. A Tabela 4, apresenta os custos relacionados ao dispêndio com mão de obra para operar a mini usina de biodiesel, em que é possível verificar que o custo total diário com mão de obra foi de R$ 44,72. Dentre as atividades a que mais contribuiu para o dispêndio com mão de obra foi a separação de fases, com 24,5%, seguido da preparação da matéria-prima com 20,5%, purificação e recuperação de metanol com 16,3%.

Tabela 4 - Custos com o elemento de despesa mão de obra para três bateladas

Atividades	Tempo (h)	Trabalho	Tempo (h)	Custo (R$)	%
Preparação da matéria-prima	3,75	50%	1,88	9,16	20,5
Aquecimento da matéria-prima	1,5	50%	0,75	3,65	8,2
Transesterificação	2,25	50%	1,3	6,33	14,2
Recuperação do Metanol	3	50%	1,5	7,31	16,3
Separação de Fases	4,5	50%	2,25	10,96	24,5
Purificação	3	50%	1,5	7,31	16,3
TOTAL				44,72	100

Fonte: do autor 2021.

O custo da energia elétrica (kW/h) foi obtido junto a companhia responsável pela distribuição de energia, denominada Energisa para rede trifásica, categoria industrial ao custo de R$ 0,67. Verifica-se no Quadro 2 a descrição de consumo de cada equipamento da Usina modelo UB 1000 segundo a empresa Biotechnos®.

Quadro 2 - Especificações de cada equipamento da usina de biodiesel

Descrição	Modelo	Marca	Qtd.	Potência W
Motor 1 Reator	W21 Aluminio - Multimontagem (1CV, 8 Polos, Trifásico 220/380V)	WEG	1	745
Motor 2 Catalisador	W21 Aluminio - Multimontagem (0,33CV, 8 Polos, Trifásico 220/380V)	WEG	1	246
Motor 3 Transferência de Aquecimento	W22 IP55 1 (CV, 8 Polos, Trifásico 220/380V)	WEG	1	745
Motor 4 Transferência de Catalisador	W22 IP55 (0,5 CV, 8 Polos, Trifásico 220/380V)	WEG	1	375
Motor 5 Transferência Decantação	1 CV, Trifásico 220/380V	WEG	1	750
Motor 6 Transferência Filtragem	0,5 CV, Trifásico 220/380V	WEG	1	375
Motor 7 Tanque de resfriamento	Moto Bomba Centrifuga ICS-50 (0,5 CV, Monofásico 220 V)	MOTOMIL	1	375
Resistência Aquecimento	Resistência Tubular Flange (Inox 3500WX220/380V)	RESIMAX	3	10500
Resistência Recuperador	Resistência Tubular Flange (Inox 3000WX220/380V)	RESIMAX	3	9000
Unidade de Resfriamento	2 Ventiladores 1 HP, 220 V-1F	ELGIN	1	940

Fonte: Biotecnhos (2021).

Dessa forma verificam-se na Tabela 5, que os custos relacionados ao consumo de energia elétrica para realização de três bateladas diárias somam-se o valor de R$ 41,17. Dentre as atividades a que mais contribuiu para o dispêndio com consumo de energia elétrica foi a preparação da matéria-prima, com 36,6%, seguido do aquecimento da matéria-prima, com 30,8% e recuperação do metanol com 20,5% e as que menos contribuíram com o custo de energia elétrica foram a purificação com 5,9%, a reação de transesterificação com 5,7% e a separação de fases com 0,6%.

Tabela 5 - Custos com o elemento de despesa energia elétrica para três bateladas

Atividades	Operação (h)	kWh	R$/kWh	Custo (R$)	%
Preparação da matéria-prima	3,75	22,5		15,08	36,6
Aquecimento da matéria-prima	1,5	18,9		12,66	30,8
Transesterificação	2,25	3,5		2,35	5,7
Recuperação do Metanol	3	12,6	0,67	8,44	20,5
Separação de Fases	4,5	0,34		0,23	0,6
Purificação	3	3,6		2,41	5,9
TOTAL	18	61,44		41,17	100

Fonte: do autor 2021.

O custo do catalisador apropriado (Tabela 6), o metilato de sódio (solução a 30% em metanol), foi obtido junto a INDIAMART® cujo valor do litro é R$ 6,67 (cotação de 94 Rúpias Indianas, em 14/09/2021). Considerando a proporção de catalisador de 1% (v v^{-1}), para cada batelada são necessários 2 L de catalisador, o total consumido em três bateladas são de 6 L, isso perfaz um dispêndio diário de R$ 40,02.

Tabela 6 - Custos com o elemento de despesa com catalisador para três bateladas diárias

Atividades	Custo R$/L	Quantidade L	Custo Total (R$)
Transesterificação	6,67	6	40,02

Fonte: do autor 2021.

Os custos diários com resina foram calculados tomando como base na vida útil dos 80 Kg de resina, necessários para completar as duas colunas de purificação. A capacidade de processamento de um quilograma de adsorvente tem em tratar um quilograma de biodiesel é dado por: Sílica 5 kg kg^{-1}, enquanto Magnesol 200 kg kg^{-1}, Amberlite 1260 kg kg^{-1}, Purolite 842 kg kg^{-1}. Custo em R$ kg^{-1} Magnesol® 1% (fornecido por *Dallas Corporation*); Sílica 2% (fornecido por *Merck*) e Amberlite™ BD10 DRY 2% (fornecido por DWS *Advantage*), Purolite PD 206® 1%, (fornecido por *Oilybits)* são apresentados na Tabela 7. As porcentagens (m m^{-1}) foram escolhidas conforme resultados de Faccini et. al, 2011.

Desta forma o custo de uma carga de adsorvente (C_{cad}) é de (C_{cad} = 80 kg x R$/kg), que dividido pelo volume de biodiesel que pode ser processado (V_{bp}) por cada adsorvente (V_{bp} = 80 kg x kg/kg x 0,89 kg/L densidade do biodiesel) resulta no custo de biodiesel processado (C_{bp}), em R$/L ($C_{bp} = C_{cad}/V_{bp}$). Considerando que cada batelada produz 200 litros de biodiesel, e são realizadas três bateladas dia, o custo diário total com o adsorvente é dado pela Tabela 5, sendo Amberlite que apresenta melhor custo-benefício.

Tabela 7 - Custos com o elemento de despesa adsorvente para três bateladas

Atividades	Adsorvente	R$/Kg	R$/L	Quantidade L	Custo Total (R$)
Purificação	Magnesol	39,4	173,57	600	104.142,00
	Sílica	2917,00	655,50		393.303,37
	Amberlite	66,48	0,059		35,40
	Purolite	75,64	0,10		60,56

Fonte: do autor 2021.

Para a depreciação dos equipamentos e do prédio seguiu-se a Instrução Normativa SRF nº 1700 de 14 de março de 2017 (BRASIL, 2017), para determinação do prazo de vida útil e taxa anual de depreciação. O custo do prédio de 150 m^2 foi calculado tomando como base o CUB/TO mês de maio de 2019 (R$ 709,50 m^{-2}) para projetos padrão galpão industrial (GI), totalizando R$ 106.425,00. 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 para depreciação, cinco dias de operação, 10 horas por dia, 204 dias por ano, totalizando 2.040 horas ano de operação.

O valor da depreciação por hora de operação foi de R$ 0,0139 m^{-2} (R$ 106.425/ (25 anos * 2040 horas/ano * 150 m^2). Considerando 10 horas de operação por dia, a depreciação diária do prédio é de R$ 0,139 m^{-2}. Multiplicando a área ocupada para a realização das atividades (150 m^2) pelo custo do metro quadrado diário (R$ 0,139 m^{-2}). Verifica-se que a depreciação do prédio apresenta um custo diário de R$ 20,87, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Custos com o elemento de despesa depreciação prédio para três bateladas

Atividades	Área ocupada (m^2)	R$/dia	Custo (R$)	%
Preparação da matéria-prima	60	0,139	8,34	40
Aquecimento da matéria-prima	15		2,09	10
Transesterificação	15		2,09	10
Recuperação do Metanol	15		2,09	10
Separação de Fases	30		4,17	20
Purificação	15		2,09	10
TOTAL	150		20,87	100

Fonte: do autor 2021.

Considera-se um desgaste de 10% ao ano, com isso no período de 10 anos, o equipamento estará depreciado. A Tabela 9 apresenta o valor total dos equipamentos utilizados, bem como os valores da depreciação anual e diária. Para calcular a depreciação diária dos equipamentos foi considerado: tempo de operação diária de 10 horas, 17 dias de operação por mês e 12 meses de operação, totalizando 2.040 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$ 33.500,00/2.040 horas). Verificou-se que o custo total diário com a depreciação dos equipamentos é R$ 16,42.

Tabela 9 - Custo e depreciação dos equipamentos

Equipamento	**Custo R$**	**Depreciação**		**%**
		Anual (R$)	**Diária (R$)**	
Preparação da matéria-prima	43.000,00	4.300,00	2,11	13
Aquecimento da matéria-prima	45.000,00	4.500,00	2,21	13
Transesterificação	60.000,00	6.000,00	2,94	18
Recuperação do Metanol	75.000,00	7.500,00	3,68	22
Separação de Fases	50.000,00	5.000,00	2,45	15
Purificação	62.000,00	6.200,00	3,04	19
Total	335.000,00	33.500,00	16,42	100

Fonte: do autor 2021.

Pode-se constatar no Quadro 3, que para a execução de todas as atividades diárias inerentes a produção de biodiesel consta de um montante de R$ 198,61, 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$ 0,33 (R$ 198,61/600 litros= R$ 0,33).

Quadro 3 - Distribuição dos custos no processamento para três bateladas

Atividades	**Mão de Obra**	**Energia Elétrica**	**D_{Eq}***	**Catalisador**	**Resina**	**D_P****	**Total (R$)**	**% por atividade**
Preparação da matéria-prima	9,16	15,08	2,11	-	-	8,34	34,69	17%
% da atividade	26%	43%	6%	-	-	24%	-	-
Aquecimento da matéria-prima	3,65	12,66	2,21	-	-	2,09	20,61	10%
% da atividade	18%	61%	11%	-	-	10%	-	-
Transesterificação	6,33	2,35	2,94	40,02	-	2,09	53,73	27%
% da atividade	12%	4%	5%	74%	-	4%	-	-
Recuperação do metanol	7,31	8,44	3,68	-	-	2,09	21,52	11%
% da atividade	34%	39%	17%	-	-	10%	-	-
Separação das Fases	10,96	0,23	2,45	-	-	4,17	17,81	9%
% da atividade	62%	1%	14%	-	-	23%	-	-
Purificação	7,31	2,41	3,04	-	35,4	2,09	50,25	25%
% da atividade	15%	5%	6%	-	70%	4%	-	-
Total (R$)	44,72	41,17	16,43	40,02	35,4	20,87	198,61	100%
% por elemento de despesa	23%	21%	8%	20%	18%	11%	100%	-

D_{Eq}* = Depreciação dos equipamentos; D_P** = Depreciação do Prédio

Fonte: do autor 2021.

Constatou-se que, dentre as atividades do processo a que mais consome recursos é a de transesterificação, etapa na qual o OGR é transformado, pela ação do catalisador, em biodiesel, representando consumo diário de R$ 53,73 e 27% do custo total do processo. Dentro desta atividade o elemento de despesa que mais contribuiu foi a aquisição do catalisador, representando 74% do total. A mão de obra representou 12% dos dispêndios e os demais itens somados contribuíram com 13% dos dispêndios.

A segunda atividade que mais contribuiu com o custo total de processamento foi a purificação do biodiesel, visando a remoção de cátions sódio, com R$ 50,25 representando 25% dos custos totais. Dentro desta atividade os elementos de despesa que mais contribuíram com o dispêndio foram a aquisição da resina, representando 70% do total, e da mão de obra com 15% do total. Os demais elementos representam menos de 15% do total de despesas nesta atividade.

A terceira atividade que onera no custo de processamento foi a preparação da matéria-prima, com dispêndios diários de R$ 34,69 representando 17% dos custos totais. Dentre os elementos de despesa, a energia elétrica, representando 43%, seguido da depreciação do prédio com 24%. Já a da mão de obra, contribuiu com 24% e a depreciação de equipamentos com 6%. A contribuição da mão de obra nesta atividade se justifica pelo fato de a transferência da matéria-prima das bombonas para a mesa de filtração/secagem ser realizada de forma manual, sem auxílio de mecanização. O elevado custo com energia elétrica decorre do fato de que o aquecimento do óleo, para remoção de umidade, é devido ao uso de resistências elétricas. A grande área ocupada pelo estoque de matéria-prima justifica a contribuição com depreciação do prédio.

Já a recuperação do metanol representou um custo diário de R$ 21,52, representando 11% dos custos totais do processo, sendo a energia elétrica com 39% e a mão de obra, com 34% do total. Considerando que em cada batelada são recuperados 6,25 L de metanol, a quantidade diária recuperada foi de 18,75 litros, o que representa um custo de R$ 1,15 por litro de metanol. Como o custo de aquisição de metanol está na ordem de R$ 10,00 L^{-1} (fornecido por QuimisulSC) contata-se que é vantajosa financeiramente à recuperação do metanol não reagido.

A atividade de aquecimento da matéria-prima, com 10%, cujo elemento de despesa com maiores valores são a energia elétrica e mão de obra, com 61% e 18%, respectivamente, dos custos totais desta atividade, tal fato já justificado com relação aos custos com energia devido a forma de aquecimento.

A atividade com menor representatividade no custo de processamento para produção de biodiesel foi a separação de fases, que apresentou um custo diário de R$ 17,81, sendo 9% dos

custos totais do processo. O elemento de despesa que mais contribuiu com esta atividade foi a mão de obra, representando 62% do total.

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

5.5 Determinação do custo total de produção

Para a realização de três bateladas diárias são consumidos 600 litros de OGR. O consumo efetivo de metanol pela proporção 1:8 por batelada será de 25 L, perfazendo um consumo total de 75 L em três bateladas. Considerando um custo de R$ 10,00 L^{-1}, gasto com metanol nas três bateladas representa o valor de R$ 750,00. O Quadro 4 apresenta o resultado do preço final do biodiesel considerando diferentes preços para o OGR. 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 600, volume de biodiesel obtido nas três bateladas.

Considerando um custo de R$ 1,00 L^{-1} de OGR, o custo final de produção de um litro de biodiesel, ficou em R$ 2,58 dos quais 12,8% corresponde à contribuição do processamento e 87,2% com aquisição de matéria-prima (48,4% do metanol e 38,7% do OGR), conforme ilustrado no Quadro 4. Elevando o preço pago ao OGR ocorre elevação na contribuição das matérias-primas e redução da contribuição dos custos com processamento.

Quadro 4 - Custo final de produção de 600 L de biodiesel

Matéria-Prima	R$/L	Custo do OGR, R$	Custo Total, R$	R$/L de Biodiesel	% Matéria-Prima	%Processamento
OGR	0	0	948,61	1,58	79,1%	20,9%
	0,2	120	1068,61	1,78	81,4%	18,6%
	0,5	300	1248,61	2,08	84,1%	15,9%
	0,8	480	1428,61	2,38	86,1%	13,9%
	1,0	600	1548,61	2,58	87,2%	12,8%
	1,2	720	1668,61	2,78	88,1%	11,9%
	1,5	900	1848,61	3,08	89,3%	10,7%
	1,8	1080	2028,61	3,38	90,2%	9,8%

Fonte: do autor 2021.

5.6 Análise econômica

A abordagem envolveu a concepção de uma pequena unidade industrial modelo UB 1000 para a produção de biodiesel, utilizando OGR como matéria-prima. A análise está separada em custos de investimento, levantamento da quantidade de diesel gasto pela

administração pública municipal, custos de processamento, custos de produção, e análise de cenários.

5.6.1 Determinação dos custos 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, licenciamento ambiental, estocagem da matéria prima e produto acabado.

5.6.1.1 Contextualização do orçamento de licenciamento ambiental

O licenciamento ambiental é composto pelas seguintes licenças:

I - Licença Ambiental Prévia: concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;

II - Licença Ambiental de Instalação: solicitada antes da implantação do empreendimento, autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante;

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

Quanto à legislação estadual, o licenciamento ambiental está previsto Lei n° 261, de 20 de fevereiro de 1991, alterada pela Lei nº 3.804, de 29 de julho de 2021, e regulamentada pelo Decreto nº 10.459, de 08 de junho de 1994, referentes sobre a política ambiental do Estado.

As demais Legislações envolvidas são:

- Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965;
- Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981;
- Lei Federal nº 7.803, de 18 de julho de 1989;
- Decreto Federal nº 750, de 10 de fevereiro de 1993;
- Lei Complementar Federal n° 140, de 8 de dezembro de 2011;
- Lei Municipal n° 957, de 20 de dezembro de 1991;
- Lei Complementar Municipal n° 19, de 6 de maio de 2014;

- Resolução CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986;
- Resolução CONAMA nº 02, de 18 de abril de 1996;
- Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997;
- Resolução COEMA 07, de 9 de agosto de 2005;
- Resolução COEMA 73, de 10 de maio de 2017.

Considera-se que essa atividade está sujeita ao procedimento aplicável ao pedido de Licença Ambiental Concomitante (LAC) - única fase, ou seja, licença prévia, instalação e operação, de tal modo que essas poderão ser requeridas e expedidas concomitantemente. Portanto, o licenciamento ambiental da atividade de fabricação de biodiesel deverá ser instruído da elaboração dos estudos ambientais EIA/RIMA. Para o presente estudo, o custo para a obtenção da LAC não foi considerado para efeitos de cálculo.

5.6.1.2 Custos de instalação

A Tabela 8 apresenta os itens e respectivos dispêndios para aquisição dos itens necessários à implantação da unidade de produção de biodiesel com capacidade, segundo o fabricante de 1000 L dia^{-1}.

Tabela 10 - Custo de investimento para produção de biodiesel

Especificações	Valor	Custo total
Usina UB - 1000	R$ 335.000,00	R$ 453.425,00
Construção de 150 m^2	R$ 106.425,00	
Unidade de Abastecimento	R$ 12.000,00	

Fonte: do autor 2021.

O custo estimado para a implantação do projeto é de R$ 453.425,00 envolvendo a aquisição de uma usina de biodiesel modelo UB-1000, a construção de 150 m² e uma unidade de abastecimento.

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 o custo da unidade de abastecimento conforme ilustrado na Figura 9 foi fornecido pela empresa Petro Lider Comércio de Equipamentos para Abastecer e Lubrificar Eireli. Contudo, valores iniciais necessários para a compra da UB-1000, construção do prédio e demais itens para implementação do projeto poderão ser menor, através de uma pesquisa de mercado e licitações, ocorrendo uma possível diminuição. Outra possibilidade está na disponibilização do espaço para instalação por instituições parceiras.

Figura 9 - Unidade de abastecimento

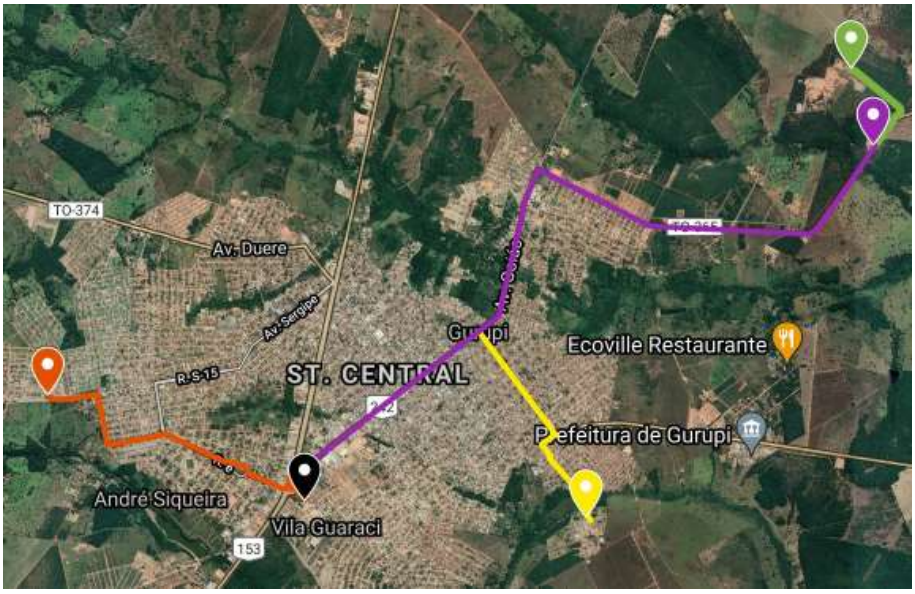


Fonte: Petro Lider Comércio de Equipamentos para Abastecer e Lubrificar Eireli (2021)

5.6.1.2.1 Locais para instalação

A Figura 10 representa imagem de quatro possíveis locais para instalação da mini usina em relação ao marco zero da cidade, que é a sede do poder legislativo representado pelo marcador preto, conforme Lei Orgânica do Município art. 146, § 4°.

Figura 10 - Locais possíveis de instalação



Fonte: Adaptado do *Google My Maps* (2021)

O marcador vermelho, amarelo, roxo e verde é a Secretaria Municipal de Infraestrutura de Gurupi (SMIG), UFT, Associação dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis do

Meio Ambiente de Gurupi (ACMG), e o Aterro Sanitário, respectivamente. Em relação ao marco zero, o ponto vermelho, amarelo, roxo e verde estão 4,5 km, 6,5 km, 9,6 km e 11 km de distância, respectivamente.

A ACMG se apresenta como o melhor local, pois o apelo socioambiental é significativo em vista as outras localidades. Ademais, já existe uma estrutura feita em uma área de 1500 m^2, tem um galpão industrial de 700 m^2 com rede trifásica, em que será preciso fazer algumas adequações para o recebimento da mini usina em acordo com licenciamento ambiental. Além disso, já possui um sistema de logística reversa de materiais como papelão, papel e plástico.

5.6.1.3 Pontos de coleta voluntária (PCV)

Ressalta-se a importância da criação e instalação de pontos de coleta para o OGR gerado na cidade, pois como são muitas residências para pequenos volumes diários de coleta inviabiliza a instalação de um sistema de coleta permanente. Condomínios, escolas, igrejas, grandes supermercados, assim como postos de combustíveis são locais estratégicos para a instalação. No município de Gurupi-TO há 28 escolas municipais, 12 escolas estaduais, 12 escolas particulares, 24 postos de combustíveis, 13 grandes supermercados, e mais de 100 igrejas, isso possibilita um leque de opções para instalação de PCV.

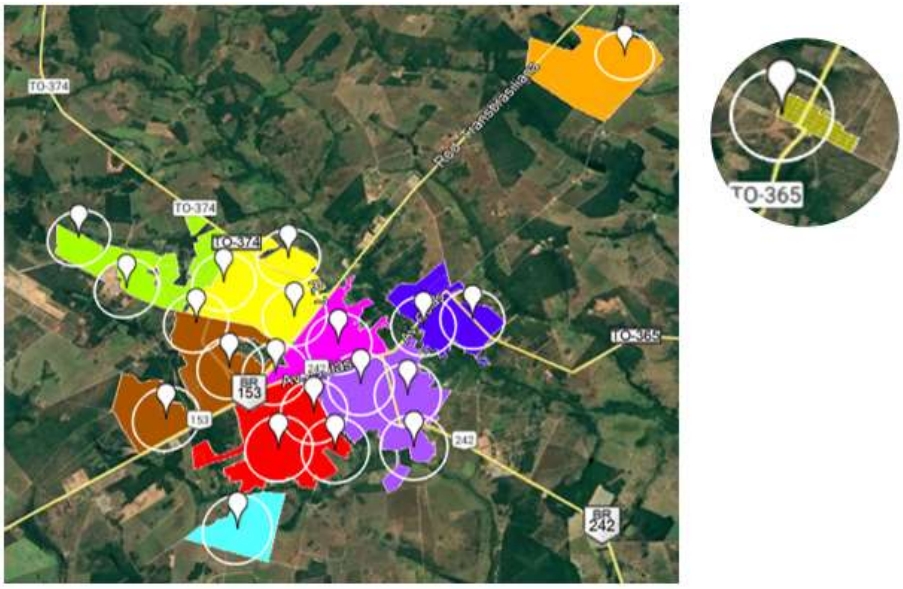
Souza (2016) buscou definir uma distância considerada viável para um morador caminhar de sua residência até um ponto de ônibus e adotou o valor de 0,5 km, de forma equivalente, esta distância também pode ser considerada adequada para que um indivíduo caminhe até um PCV mais próximo. É possível estimar a quantidade de pontos de coleta necessários para que cada habitante dos diferentes bairros a partir desta perspectiva.

Ao considerar área com habitação, Gurupi apresenta cerca de 33 km^2 e dividi-la com a área que cada ponto de coleta proposto atenderia para determinada distância máxima, têm-se a quantidade ideal de pontos. Para um raio de 0,5 km, cada ponto atenderia uma área de 0,785 km^2 e seriam necessários cerca de 42 PCVs, já para 0,7 km, cada PCV atenderia 1,539 km^2 e seriam necessários cerca de 21 PCV (Figura 11). Para a identificação de locais que seriam PCVs e definição da estrutura logística do sistema, como quantidade e rota de veículos, destaca-se que é mais vantajoso a implantação de menos PCVs.

Para a definição dos PCVs foram traçadas circunferências de raio 0,7 km ao redor de cada ponto de coleta sugerido, estando dispostos em todas as áreas com residências incluído o distrito do Trevo da Praia, como mostra a Figura 11. Deste modo, é possível verificar quais residências não estão sendo atendidas pelo limite de 0,7 km, determinado como máximo para que um morador entregue o OGR sem necessitar caminhar distâncias superiores ao limite.

Sobremaneira, sugere-se um menor raio, pois os PCVs ficam distribuídos uniformemente já que aumenta em quantidade. Dos 21 PCVs, 17 são escolas municipais, três escolas estaduais e uma igreja. Ressalta-se a importância de contemplar, 80 % dos pontos em escolas, porque é o local em que essa temática pode ser trabalhada com perspectiva de inserção em temas relacionados à educação ambiental e proteção ao meio ambiente, junto à comunidade escolar.

Figura 11 - Proposta de localização dos pontos de coleta voluntária em Gurupi



Fonte: Adaptado do *Google Earth Pro* (2021)

5.6.1.3.1 Custos do sistema de coleta

A implantação do sistema de coleta seria realizada em algumas etapas, tais quais:

- Primeira etapa: reuniões coordenadas pela prefeitura, procurando uma parceria que envolveria associações de bairros, cooperativas de coletas seletivas, secretarias de meio ambiente, de ação social, de educação e de saúde, universidades tendo em vista o projeto abranger vários setores da administração pública.

- Segunda etapa: reuniões com empresas privadas, do setor alimentício bares, restaurantes, lanchonetes e padarias propondo uma parceria que resultaria em coleta dos OGR gerados por elas e com empresas de maiores portes como supermercados, farmácias, hotéis e postos de combustíveis, além de condomínios residenciais e escolas, solicitando espaços para acomodação de "bombonas plásticas" de recolhimento de OGR. Essa etapa estaria ocorrendo concomitantemente à 1ª etapa.

- Terceira etapa: divulgação do projeto de coleta seletiva de OGR junto aos moradores através de palestras nas associações de bairros, escolas e igrejas. Confecção de panfletos e ampla divulgação nos meios de comunicação, nas redes sociais, rádios locais e TV aberta, orientando

a forma de recolhimento correta do resíduo, procurando uma conscientização da participação da população no processo e demonstrando que esse trabalho resultará em vários ganhos de preservação ambiental, principalmente no ecossistema aquático.

- Quarta etapa: implantação do projeto, com aquisição de "bombonas" para os pontos de coleta, veículo, reservatórios de acondicionamento, preparação de galpão para recebimento acondicionamento do OGR recolhido.

Os custos previstos para implantação desse projeto, envolvendo todas as etapas, além do licenciamento ambiental, seriam custeados pela Prefeitura Municipal de Gurupi (PMG). Tem-se a expectativa da transferência da responsabilidade de uma associação ou da cooperativa a ser criada para essa finalidade, a coordenação do sistema de coleta. Após a coleta do OGR nos pontos cadastrados, far-se-á anotações de forma auditável, quanto de volume coletado por regiões e o volume de produtos resultantes. Para tal finalidade, deve ser pago aos participantes um valor referente ao litro de OGR a ser definido conforme mercado vigente e ficará responsável pela destinação adequada ao resíduo, conforme legislação ambiental, podendo beneficiá-lo, transformá-lo em biodiesel, glicerina, sabão e outros produtos ou comercializá-lo com outras empresas, conforme sua melhor rentabilidade. No entanto, o biodiesel terá como destino o uso da frota a diesel do município.

A Tabela 11, apresenta todos os itens e respectivos custos para aquisição dos materiais necessários à implantação do sistema de coleta. Considerou-se 22 bombonas pela quantidade PCVs+1 definidos anteriormente, sendo 5 dias de coleta no mês sempre as segundas-feiras, assim serão captados 2.640 L da matéria-prima que resultaria em 13.200 L de OGR no mês. Logo sobram 17 dias, desconsiderando os finais de semana, para processamento em torno de 776 L dia^{-1} subtraindo as perdas de 20% e o multiplicando pelo rendimento de 80% serão produzidos cerca de 8.448 L de biodiesel. A capacidade de coleta está acima da estimativa de processamento estabelecida de 12750 L, em 3,5%.

Tabela 11 - Custos de implantação de recolhimento de OGR

Equipamentos	Quantidade	Valor	Custo total
Reservatório IBC – 1000 L	4	R$ 4.800,00	R$ 208.100,00
Bombonas plásticas de 120 L	22	R$ 3.300,00	
Caminhonete	1	R$ 200.000,00	

Fonte: do autor 2021.

Considerando o recolhimento do resíduo da cidade Gurupi igual a 13.200 L de OGR recolhidos por mês e acondicionados para venda e a inserção de uma associação ou cooperativa

que seja responsável para administrar o sistema de coleta, e pague o valor de R$ 1,00 L^{-1} junto aos habitantes, tem-se um retorno econômico direto para a cidade de Gurupi, na ordem de R$ 13.200,00 $mês^{-1}$. Considerando um valor médio de venda conforme o praticado pelo mercado que varia entre R$ 1,20 a R$ 1,50 (valor médio de R$ 1,35 L^{-1}), a associação ou cooperativa teria uma receita líquida de R$ 4.620,00 $mês^{-1}$.

Deste valor cerca de 20,1% são utilizados para custear despesas mensais (funcionário, combustível, manutenção). Para calcular o gasto com combustível considerou-se o preço médio do litro de diesel R$ 4,63, conforme valor fornecido pela ANP em setembro de 2021 ao valor médio de R$ 4,63 por litro de diesel, o percurso pelos 22 PCVs é cerca de 180,8 km (fornecido pelo *App Routin*). Adotando 5 dias de coleta, tem-se um total de 904 km $mês^{-1}$ e o consumo por litro do veículo 8 km/L. Para calcular o gasto com um funcionário considerou-se o valor da diária R$ 48,71 e 5 dias de trabalho. O custo mensal com manutenção considerou-se 0,025% do valor do veículo, conforme ilustrado na Tabela 12.

Tabela 12 - Custo mensal com a coleta

Despesas	Quantidade	Valor
Combustível	113 L	R$ 523,19
Funcionário	5 dias	R$ 243,55
Manutenção	0,25%	R$ 162,50
Total		R$ 929,24

Fonte: do autor 2021.

Portanto, o lucro mensal ficaria em torno de R$ 3.533,26, ou seja, a previsão de retorno do investimento de 56,38 meses (Tabela 13). Além disso, o custo do litro de OGR recolhido pelo sistema de coleta é no valor de R$ 0,07. Como alternativa com a PMG, sugere-se a utilização de um veículo próprio para o tempo de retorno do investimento ser menor. Vale ressaltar que o sistema de coleta precisa ser a primeira etapa de efetivação antes da instalação da miniusina, pois o fornecimento de OGR tem que ser constante. Enquanto o sistema vai se consolidando, indica-se a venda do OGR coletado para iniciativa privada.

Tabela 13 - Retorno financeiro

Descrição	Valor
Receita liquida mensal com a venda do OGR	R$ 4.620,00
Despesa mensal	R$ 929,24
Lucro mensal	R$ 3.691,00
Investimento	R$ 208.100,00
Payback	56,38 meses

Fonte: do autor 2021.

5.6.2 Levantamento da frota de veículo movidos a diesel da prefeitura local

A PMG possui um número considerável de veículos diesel, sendo um total de 83 utilizados por diferentes setores. São 23 caminhões, 13 caminhonetes, 22 ônibus e 25 tratores, em que a Secretaria Municipal de Infraestrutura de Gurupi (SMIG) concentra maior número. A Tabela 14 apresenta os órgãos, a quantidade de veículos e o consumo médio mensal de combustível.

Tabela 14 - Consumo e quantidade de veículos diesel por secretaria

ORGÃO	PERÍODO	VEÍCULOS	LITROS MENSAIS
Secretária Municipal de Infraestrutura	Janeiro - Junho/2021	40	38036,05
Secretária Municipal de Educação	Janeiro - Dezembro/2019	13	5933,09
Universidade de Gurupi	Janeiro - Junho/2021	2	161,61
Secretária Municipal de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente	Março - Maio/2021	12	212,67
Secretária Municipal de Saúde	Março - Maio/2021	15	5518,00
Agência Gurupiense de Desenvolvimento	Março - Maio/2021	1	251,56

Fonte: do autor 2021.

A média mensal de consumo total de diesel é de 50.112,97 L, convertidos em valores monetários, sendo o valor do litro do diesel mineral R$ 4,63, equivale a um gasto anual de R$ 2.784.276,34 pela PMG. Para o cálculo da viabilidade, baseado neste consumo mensal, serão utilizados 10.000 L por mês de OGR, considerando uma margem extra à produção devido a uma perda habitual 20% no pré-tratamento (filtragem, ajuste de acidez) e rendimento de 80% quando se utiliza esta matéria-prima para produzir biodiesel (15.625 L). Dessa forma, reduz-se em torno de 14% do gasto com diesel o que gera uma economia anual estimada de R$ 381.765,29 aos cofres públicos. Como o investimento inicial é R$ 453.425,00 logo a previsão de retorno é em torno de 14,25 meses conforme apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 - Retorno estimado

Descrição	Quantidade	Preço	Valor
Despesa mensal com a compra do OGR	15625 L	R$ 1,00	R$ 15.625,00
Despesa mensal com coleta do OGR	15625 L	R$ 0,073	R$ 1.138,77
Diesel mineral mensal	- 10000 L	R$ 4,63	- R$ 46.300,00
Lucro mensal	-	-	R$ 31.813, 77
Investimento inicial	1	-	R$ 453.425,00
Payback	-	-	14,25 meses

Fonte: do autor 2021.

No entanto, conforme o resultado obtido anteriormente, a região tem um potencial disponível para uso 27.500 litros de OGR, e como a capacidade proposta para a miniusina é compatível com este volume de produção é possível que a prefeitura possa produzir um volume

maior de biodiesel. Uma vez que se pode promover parcerias com setores interessados a fazer uso do biocombustível, como cooperativas agrícolas, UFT, ou mesmo se possível, doações aos pequenos produtores, ou ainda intermediar a venda do excedente de OGR coletado para iniciativa privada.

5.6.2.1 Proposta de mistura do biodiesel no diesel do tanque veicular público municipal

Considerando que a produção de biodiesel não passe de 10 m^3 $mês^{-1}$, assim, evita-se burocracias junto a ANP, pois enquadra-se nos regulamentos da Resolução nº 34, de 2016, ou seja, tem a possibilidade de aumento na proporção do biodiesel no diesel comercializado nos postos de combustível, o tornando diesel BX. Para determinar o novo percentual de biodiesel no tanque após a diluição devido a adição do B100 é calculado conforme o memorial a seguir.

Parâmetros de cálculo:

Quantidade de combustível no tanque Q_T, em L;

Quantidade de combustível que falta para completar o tanque Q_{FT}, em L;

Volume máximo do tanque do veículo V_T; em L;

Capacidade do tanque no abastecimento C_T, sendo ¾, ½ e ¼;

Quantidade de diesel B no tanque Q_{DBT}, em L;

Quantidade de biodiesel no tanque Q_{BT}, em L;

Percentual de biodiesel no diesel no tanque P_{BDT}; em %;

Percentual de diesel no tanque $P_{DT} = (1- P_{BDT})$; em %

Nova proporção de biodiesel após abastecimento T; em %

Equações:

$Q_T = (V_T * C_T)$

$Q_{FT} = (V_T – Q_T)$

$Q_{DBT} = (Q_T * P_{DT})$

$Q_{BT} = (Q_T * P_{BDT})$

$T = \{(Q_{FT} + Q_{BT}) / [(Q_{FT} + Q_{BT}) + Q_{DBT}]\} *100$

Considerando um veículo com volume máximo de tanque (V_T) igual a 100 L, e que o motorista chegue na miniusina com capacidade de abastecimento sendo três possibilidades de indicação pelo monômetro ¾, ½ e ¼, no painel, além disso, a proporção de biodiesel presente no tanque (P_{BDT}) é de 12% conforme legislação vigente. Assim, tem-se:

Cálculos:

$Q_T = (100 * ¾) = 75$ L

$Q_{FT} = (100 – 75) = 25$ L

Q_{DBT} = [75 L*(1-0,12)] = 66 L

Q_{BT} = (75 L*0,12) = 9

T = {(25 + 9) / [(25 + 9) + 66]} *100 = 34%

Dessa forma, a nova proporção de diesel BX, ao adotar que os abastecimentos serão feitos quando o manômetro de combustível estiver marcando ¾, ½ e ¼, então o diesel presente no tanque teriam a seguintes configurações B34, B56 e B78. Portanto, sugere-se que seja feito uma parceria entre a Universidade Federal do Tocantins (UFT) e PMG, a fim de aproveitar o suporte técnico e cientifico da universidade para avaliar os efeitos dessa alteração de proporção.

5.6.3 Custos de produção

Os custos de produção anuais (Tabela 16) são divididos em custos fixos 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 foram considerados dois funcionários e uma pequena contribuição de 1% do valor de aquisição da mini usina para manutenção dos equipamentos, gerando um custo anual de R$ 53.223,68. Para valores relacionados com mão de obra, deve-se incluir os encargos sociais e demais benefícios que somam 32,82%.

Tabela 16 - Custos fixos anuais

Descrição	Quantidade	Valor Total R$
Funcionário	2	19.873,68
Manutenção	1% a.a.	3.350,00
Divulgação e Campanha	-	30.000,00
Total		53.223,68

Fonte: do autor 2021.

Já os custos variáveis (Tabela 17) 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 153.000 L ano^{-1} (12.750 L x 12 meses). Sendo considerados proporção OGR: Metanol (1:8) e os custos para produção de biodiesel utilizando OGR como matéria-prima (R$ 1,00 L^{-1}). O total dos custos variáveis somaram-se R$ 342.821,4.

Tabela 17 - Custos variáveis anuais utilizando OGR como matéria-prima

Descrição	Quantidade	Custo	Valor Total R$
OGR coletado	153.000 L/ano	1,00 R$/L	153.000,00
Metanol	15.300 L	10,00 R$/L	153.000,00
Catalisador	1.224 L	6,67 R$/L	8.164,08
Adsorvente	137 kg	66,48 R$/kg	9.107,76
Energia Elétrica	12 meses	699,89 R$/mês	8.398,68
Sistema de Coleta	12 meses	R$ 929,24/mês	11.150,88
Total			342.821,4

Fonte: do autor 2021.

5.6.3.1 Análise de cenários

Foi calculado o fluxo de caixa (APÊNDICE B), utilizando OGR como matéria-prima. Para efeitos de contabilidade, consideram-se as despesas referentes ao investimento do projeto, gastos com a produção e demais custos (mão de obra e outros), assim como o preço médio com venda do biodiesel de R$ 5,68 valor do 81° leilão da ANP feito em agosto 2021. 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), utilizando a taxa básica de juros da economia (SELIC) de 5,25%, mês de setembro, como Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

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. Verifica-se no Quadro 5, que o projeto de produção de biodiesel utilizando OGR como matéria-prima para pequenos empreendimentos é viável econômico-financeiro até o preço de R$ 1,20 por litro de OGR. Pois o tempo de recuperação do investimento é baixo, além de que se observa que a matéria-prima poderá ter um aumento de 1500% ainda assim apresentará retorno.

Quadro 5 - Viabilidade econômico-financeira em função da variação do preço do OGR

Preço OGR	*Payback*	TIR	VPL	Conclusão
0	1,4	69,6%	R$ 1.007.721,64	Aceita-se
0,2	1,6	62,1%	R$ 876.150,22	Aceita-se
0,5	1,9	50,6%	R$ 678.793,10	Aceita-se
0,8	2,3	38,6%	R$ 481.435,98	Aceita-se
1,0	2,7	30,2%	R$ 349.864,57	Aceita-se
1,2	3,2	21,4%	R$ 218.293,16	Aceita-se
1,5	4,8	6,9%	R$ 20.936,04	Aceita-se
1,8	9	-10,4%	-R$ 176.421,08	Rejeita-se

Fonte: do autor 2021.

A glicerina é um produto nobre utilizado, por exemplo, na indústria farmacêutica e de cosméticos. Porém, para o produto ser colocado em mercados nobres, precisa ser purificado.

Com base nos relatórios de análise da conjuntura dos biocombustíveis realizada pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), entre o período 2016 – 2020, constatou-se que o preço médio do kg da glicerina bruta vendida pelo Brasil em exportações ficou em R$ 1,09, conforme apresentado na Tabela 18. Dessa forma, diante da possibilidade de ocorrer uma oferta excessiva de glicerina, foi considerado a glicerina produzida na transesterificação, para fins de análise de viabilidade do projeto de biodiesel, como subproduto de baixo valor agregado. A glicerina poderia ser utilizada como um combustível de baixa qualidade em caldeiras, em substituição ao óleo combustível. Porém, a queima da glicerina exige controle de emissões de substâncias tóxicas como, formaldeído, acetaldeído e acroleína.

Tabela 18 - Preço médio do quilograma exportado de glicerina bruta pelo Brasil

Ano	Volume (kg)	US$	US$/Kg	F_c *	R$/kg
2014	211.000.000	58.000.000	0,275		1,4431
2015	246.000.000	51.000.000	0,207		1,0884
2016	215.000.000	33.000.000	0,153		0,8058
2017	244.000.000	66.300.000	0,272	R$ 5,25	1,4265
2018	292.000.000	98.000.000	0,336		1,7620
2019	283.000.000	46.300.000	0,164		0,8589
2020	616.000.000	32.800.000	0,053		0,2795
Preço Médio					1,09

* Fator de conversão do dólar para o real.

5.7 Oportunidades e barreiras

5.7.1 Apresentação da minuta de lei

Na composição dos termos da minuta (APÊNDICE C), buscou-se acolher o princípio da sustentabilidade, de transparência e modernização.

No capítulo primeiro da minuta cria o programa Câmbio Verde e trata da concessão de benefícios a possíveis grupos que poderão contribuir com o sistema. No capítulo segundo e quarto, descreve-se as formas de permuta entre os materiais aceitos por moedas verdes que poderão serem usadas para compensação tributária a partir da regulamentação proposta. Já o capítulo terceiro, trata dos incentivos as associações e cooperativas que implementem a logística reversa. No capítulo quinto se determina incentivos aos cidadãos, entidades e órgãos públicos que transacionarem as Moedas Verdes. No capítulo sexto se trata da possibilidade de estabelecimento de parcerias com instituição privada e o prazo de vigência da lei.

5.7.2 Educação nas escolas

A conscientização ambiental da população é a melhor ferramenta para preservação do meio ambiente, e a melhor maneira de se atingir cada residência é por meio das crianças e dos jovens que transmitem a mensagem das escolas aos pais. Assim, é necessário se estabelecer uma ação educacional que proporcionará um trabalho de conscientização dos alunos da comunidade escolar, pois incentivando desde o início da inserção das crianças na escola, a contribuição para que sejam cidadãos conscientes no futuro, contribui significativamente na preservação do meio ambiente. Uma ação que pode ser posta em prática é a distribuição nas escolas públicas de um material didático que explica os prejuízos que o óleo de cozinha pode causar à natureza e assim, as persuadir a levar o óleo utilizado em casa para a escola.

Para que esta ação se efetive, uma ideia seria realizar gincanas e premiações para as escolas que arrecadem o óleo usado. Por exemplo, a escola que mais arrecadar em um período determinado ganharia um prêmio, de preferência algo de utilidade da própria escola como computadores, assim se tornando um processo de ganho e crescimento educacional.

Além da divulgação nas escolas é necessário um apoio da prefeitura local e órgão de divulgação, além de panfletos, cartilhas explicativas e propagandas para um maior retorno e adesão da população ao tema proposto.

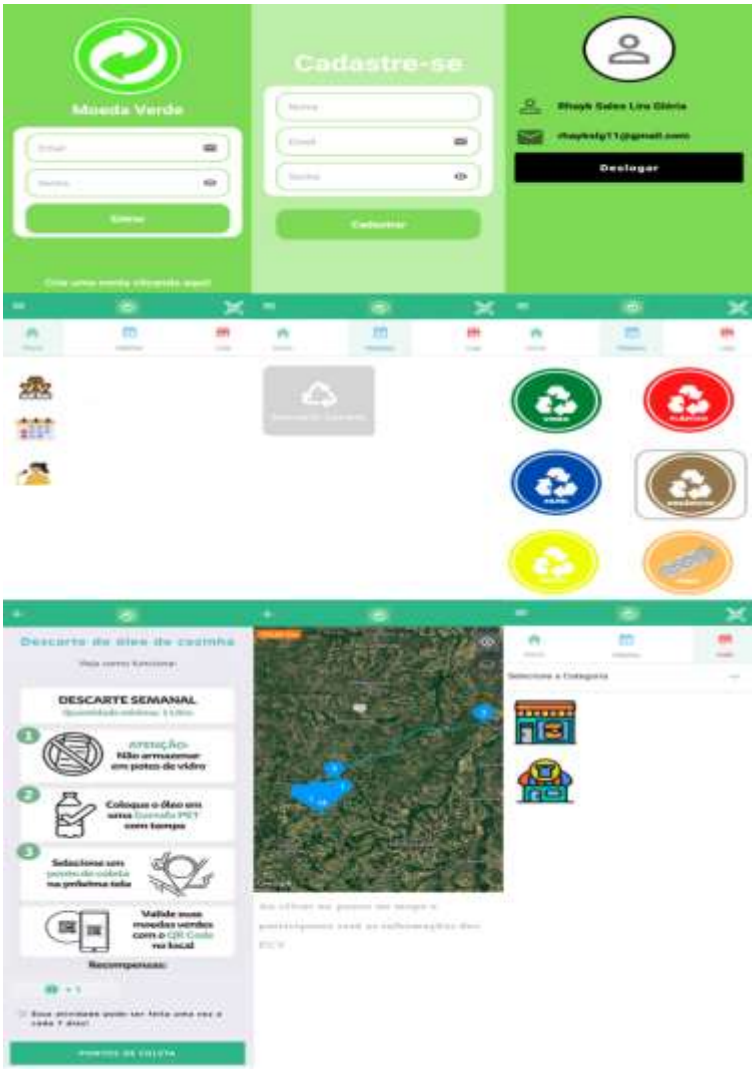
5.7.3 Aplicativo

No presente trabalho, foi desenvolvido o esboço de um aplicativo denominado a priori de Moeda Verde, conforme esboço ilustrativo da Figura 12. Este nome poderá ser substituído por outro por meio de uma pesquisa de opinião, enquetes, entre outras formas. Sendo o objetivo incentivar o cidadão a realizar a coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos (RSU) para reciclagem, contribuindo para melhoria de saúde e do meio ambiente, com retorno financeiro. Na versão avançada, ao realizar as transações com o *app*, uma criptomoeda suportada por *Blockchain*, garantirá transparência e segurança nas operações. Evitará possíveis perdas, fraudes e falhas no controle da moeda. Além disso, tem potencial para levar o uso do sistema a toda a população do município, por sua garantia de integridade e simplicidade no uso, assim, propiciando a inclusão digital aos munícipes.

O *download* será gratuito para smartphones com sistemas operacionais tanto *Android* quanto *IOS*. O primeiro passo do usuário é criar uma conta *login* com informações como nome, *email*, idade, bairro e senha. Ao realizar esse procedimento o usuário será redirecionado para o início onde pode conter informações de cronogramas de eventos, *Ranking* dos participantes

mais ativos e notícias. Na aba de “hábitos” contém o item de atividade descarte correto, e ao usuário clicar será direcionado para outra guia contendo os tipos de materiais aceitos, por exemplo metal, vidro, plástico, papel, orgânicos e pneu. Ao clicar no ícone de orgânicos, por exemplo, abrirá uma tela com explicação sucinta de como funciona, no qual o usuário terá acesso aos PCVs cadastrados no sistema e/ou *app* o direcionará para o PCV mais próximo de sua localização. Ao chegar no PCV terá o *Qr code* para validação da troca do material por moedas verdes. Na aba de “loja” serão cadastrados os comércios interessados em participar do programa Câmbio Verde conforme regras apresentadas pela minuta de lei e regulamentações a posteriori caso torna-se lei.

Figura 12 - Proposta de aplicativo para otimizar o sistema de coleta



Fonte: do autor 2021.

5.7.4 Inclusão social

No Brasil, a coleta seletiva tem sido mais preterida do que o sistema de coleta do lixo domiciliar misturado. Isso ocorre pela falta de estrutura ou por questões financeiras, muitas cidades no país não possuem a coleta seletiva, realizada pela prefeitura, ficando este processo de coleta e separação de materiais recicláveis a cargo dos catadores. Tal processo permite que famílias sejam beneficiadas com a venda destes materiais, possibilitando em maior ou menor grau a sua inclusão social.

Em Gurupi, tanto a prática da utilização do OGR na fabricação de biocombustível, quanto a coleta do óleo porta a porta, são praticamente nulas na cidade. Como o valor agregado ao biodiesel é maior que a fabricação de sabão, devido ao aumento e a instabilidade do valor do diesel convencional, podem gerar um maior valor a ser pago aos catadores por litro de óleo usado. A promoção de parcerias com a sociedade civil, prioritariamente com os catadores de lixo, na triagem e comercialização dos resíduos, pode ser um instrumento para a geração de empregos e renda e ainda melhorar a limpeza da cidade com reflexos positivos sobre a qualidade de vida da população. No entanto, medidas de apoio devem ser implantadas com o auxílio da prefeitura local, como a divulgação de ideias, como a apresentada neste trabalho, mudando os hábitos na disposição e acondicionamento do óleo usado.

A coleta porta a porta pode suprir a lacuna da coleta especializada de grandes volumes que necessitaria de uma logística e gastos consideráveis. Desta forma os catadores ou uma associação de catadores podem coletar o óleo deixado em garrafas plásticas junto ao lixo comum ou nos PCV e vender à unidade de processamento, ou processá-lo em uma miniusina própria. As cooperativas de catadores podem passar a absorver pessoas desempregadas para a coleta do óleo de fritura usado. A inclusão dos catadores neste sistema de coleta de OGR tendem a contribuir efetivamente para a sociedade como um todo, sendo capaz de gerar benefícios socioeconômicos e ambientais, tentando diminuir esta discrepância de geração de renda presente na sociedade moderna.

5.8 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 do biodiesel para a remoção de álcalis presentes, pois é utilizado resina de troca catiônica. Nos processos convencionais o consumo fica na ordem de 10 L de água por litro de biodiesel produzido (BATENI, SARAEIAN & ABLE, C, 2017).

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) evitará a contaminação de cerca de 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 estado do Tocantins, que fica na ordem de 125 L dia^{-1}, impactaria na contaminação da água consumida por 1.000 habitantes (SNIS, 2018).

Outro parâmetro ambiental a ser citado é a diminuição das emissões de gás carbônico, 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, do trabalho de 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, é possível 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).

Além dos aspectos já abordados, tem-se um ganho relativo a não sobrecarregar a ETE da cidade, pois além de ocasionar obstruções nas tubulações da rede coletora de esgoto, também é extremamente prejudicial aos sistemas de tratamento biológicos. O Quadro 6 apresenta a estimativa relacionada a carga de matéria orgânica ocasionada pelo lançamento do OGR no esgoto.

Foi avaliado o custo com tratamento do esgoto a partir da estimativa da carga de DBO associada ao óleo de fritura que alcançaria uma ETE, tomando por base os parâmetros discriminados no Quadro 6. Para estimar o valor que poderia ser retornado ao cliente da empresa privada de saneamento que atua na cidade, denominada BRK Ambiental, em razão do esforço

feito para a armazenagem do óleo de fritura. Apresenta-se o memorial de cálculo, considerando que 50% do óleo consumido por ano no município tem a condição potencial de ser coletado e que 50% do custo de remoção das obstruções na rede está relacionado ao lançamento inadequado de óleo.

Quadro 6 - Economia anual estimada com tratamento de esgoto em razão da coleta do OGR

ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE	TOTAL
População total de Gurupi	hab	87.545
Percentual da população beneficiada com coleta e tratamento de esgotos	%	30
População total beneficiada com coleta e tratamento de esgotos	hab	26.264
Quantidade estimada de óleo de fritura gerado anualmente por habitante	L/hab.ano	5
Quantidade estimada de óleo de fritura gerado anualmente	L/ano	131.320
Quantidade estimada por habitante de óleo de fritura coletável por ano	L/hab.ano	2,5
Quantidade estimada de óleo de fritura coletável anualmente	L/ano	65.660
DBO relativa ao óleo de fritura	mg/L	1.500.000
Carga potencial de DBO relativa ao óleo de fritura coletável	Kg DBO	98.490
Percentual de óleo potencialmente coletável que chegaria à ETE	%	10
Carga potencial de DBO possível de ser retirada com a coleta de óleo	Kg DBO	9.849
Custo total de remoção de DBO no tratamento de esgotos	R$/Kg DBO	1,96
Economia anual estimada com a coleta de óleo de fritura	R$/Kg DBO.ano	19.304,04

Fonte: do autor 2021.

Parâmetros de cálculo:

Quantidade de óleo potencialmente coletável no município = Q_c, em L ano^{-1};

Percentual estimado de óleo que chegaria à ETE se não fosse recolhido = P_{ETE};

Parâmetro DBO = DBO_P, em kg DBO L^{-1};

Custo da remoção de DBO na ETE BRK = CR_{DBO}, em R$ kg^{-1} DBO removida;

Custo anual de serviços de desobstruções da rede = C_{DES}, R$ ano^{-1} (D);

Percentual estimado de óleo lançado anualmente na rede = P_L;

Percentual estimado de entupimentos na rede relacionados ao lançamento de óleo = P_E;

Economia estimada do tratamento por litro de óleo coletado, com foco na ETE = E_{ETE};

Economia estimada em desobstruções por litro de óleo coletado, com foco na rede = E_R.

Assim, tem-se:

Q_C= 65.660 L ano^{-1}

P_{ETE} = 10%

DBO_P = 1,5 kg DBO L^{-1}

CR_{DBO} = R$ 1,96 kg^{-1} DBO removida

C_{DES} = R$ 300.000 ano^{-1}

$P_L = 10\%$

$P_E = 50\%$

Cálculos

$E_{ETE} = (Q_C * P_{ETE} * DBO_P * CR_{DBO}) / Q_C = P_{ETE} * DBO_P * CR_{DBO}$

$E_{ETE} = R\$\ 0{,}294\ L^{-1}$ de óleo coletado

$E_R = (C_{DES} * P_E) / (Q_C * P_L)$

$E_R = R\$\ 22{,}85\ L^{-1}$ de óleo coletado

Os dados quanto custo da remoção de DBO na ETE foi utilizada a média encontrada entre R$ 2,03 e 1,89 kg^{-1} DBO removida, no trabalho de Santos (2018), já a DBO de óleo de fritura foi utilizado 1,5 kg DBO L^{-1} conforme apresentado pela SABESP, 2007. A economia relativa às ETEs independe da quantidade de óleo potencialmente coletável, mas admite-se que somente 10% do óleo coletável chegariam à ETE. Com base nos números e percentuais chega-se ao resultado de que cada litro de óleo coletado poderia ser remunerado por R$ 0,294, apenas considerando-se o custo evitado no tratamento de esgotos. Relativamente às obstruções, também se estima que 10% do óleo usado poderiam ser lançados na rede, mas que somente 50% do custo anual das desobstruções estariam relacionados a essa ocorrência, dessa forma a economia estimada em desobstruções por litro de óleo coletado, com foco na rede é R$ 22,85.

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

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O custo final de produção de um litro de biodiesel, foi estimado em aproximadamente R$ 2,58 dos quais, R$ 0,33 está relacionado ao custo de processamento, representado 12,6% do total e R$ 2,25 direcionados a aquisição de matéria-prima, como o OGR e Metanol, representando 87,4%, sendo a matéria-prima OGR representando o valor de R$ 1,00 e R$ 1,25 com metanol. Pelo método de custeio baseado em atividades (ABC) constatou-se que, dentre as atividades do processo, destina-se o maior montante dos recursos com transesterificação, etapa em que o OGR é transformado, pela ação do catalisador, em biodiesel, representando consumo diário de R$ 53,73 e 27% do custo total do processo. Dentro da produção do biodiesel, o elemento de despesa que mais contribuiu foi a aquisição do catalisador, representando 74% do total, seguido de mão de obra 12%, os demais itens contribuíram com menos de 13% dos dispêndios. O catalisador foi responsável por 20% dos custos de processamento, resultando em um custo de R$ 0,07 por litro de biodiesel.

A implantação da usina de biodiesel utilizando OGR a um custo de R$ 1,00 L^{-1} é viável economicamente, pois proporcionará um retorno do capital de 2,7 anos, VPL positivo de R$ 349.864,57, indicando que o projeto proporciona um retorno acima do exigido em função do risco, o que é comprovado pela TIR de 30,2% ao ano. A viabilidade econômica, analisada através do projeto proposto para o município, apontou resultados favoráveis para a sua concretização. Verificou-se que se o OGR a ser recolhido for obtido por valores abaixo de R$ 1,50 o litro, o retorno do investimento se dá em taxas e na função tempo de forma realizável. Importante lembrar que grande parte do óleo usado pode ser obtido por doação, assim, o retorno do investimento da mini usina para o processamento de biodiesel se daria em apenas 1,4 anos.

O reaproveitamento de resíduos como OGR nos centros urbanos pode conjugar benefícios econômicos, ambientais e de saúde pública, para citar apenas os mais importantes. Isso traria efeitos favoráveis ao meio ambiente e à saúde da população ao diminuir o lançamento de gordura na rede de esgotos e, assim, a poluição e a atração de insetos, ratos e outros organismos nocivos à saúde pública e vetores de diversas doenças. Ademais, contribuiria para reduzir os custos de manutenção da rede e para aumentar sua vida útil, isso sem se considerar o potencial de geração de empregos (inclusão social) com atividades de coleta.

Este trabalho procura demonstrar alguns aspectos importantes em relação à reutilização do OGR com fins energéticos, mais especificamente, para a transformação em biodiesel em uma cidade de médio porte. Para se transformar em realidade, a viabilidade de produção da

matéria-prima deve ser analisada desde o início da cadeia, sendo que é necessário verificar a real situação do destino final do OGR e o que a população pensa a respeito do tema, para que seja possível iniciar ações no sentido do melhor aproveitamento. Para tanto é necessário um trabalho de conscientização ambiental junto à comunidade e comerciantes visando orientar sobre a forma correta de descarte desse resíduo. Isso torna-se possível a partir do envolvimento de órgãos públicos e privados em uma parceria que traria vantagens para toda a sociedade e meio ambiente.

6.1 Sugestões para trabalhos futuros

Como sugestão propõe-se alguns avanços no projeto, listados a seguir:

- Incluir receita proveniente dos créditos de carbono;

- Incluir possibilidade de implantação de uma unidade de purificação da glicerina e obtenção receita extra com a venda da glicerina purificada;

- Ampliar a pesquisa de campo levando em consideração cada bairro, os comércios potenciais geradores de OGR;

- Considerar descontos no preço da matéria-prima que não esteja dentro dos padrões a serem estabelecidos;

- Aprimorar a simulação, utilizando modelos probabilísticos que melhor descrevam os parâmetros incertos do fluxo de caixa. Por exemplo, considerar um possível mercado competitivo futuro, em que os preços do OGR possam se tornar mais elevados, e o gasto com análises laboratoriais e pré-tratamentos. O cálculo da viabilidade neste caso é muito importante para que possa ser apresentado para os órgãos de fomento como CNPq, FINEP, Fundações de Apoio Científico e Tecnológico entre outras fontes, para que o projeto se torne uma realidade.

REFERÊNCIAS

ABCS. Associação Brasileira de Criadores de Suínos. Manual de industrialização dos suínos. Coordenação editorial, Brasília, DF, p. 378, 2014.

ABRAFRIGO - Associação Brasileira de Frigoríficos (2019). Cooperfrigu, do Tocantins está reabilitado a exportar carne bovina para a Russia. Disponível em: https://www.abrafrigo.com.br/index.php/2019/10/14/clipping-da-abrafrigo-no-1099-de-14-de-outubro-de-2019/. Acesso em 28 de ago. de 2021.

AGEITEC. AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. Gordura animal. 2014. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fj1om7kf02wyiv802hvm3jholyoom.html. Acesso em: 10 jan. de 2021.

ANP. (2020). Informações de Mercado - Biodiesel. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 04 de junho de 2021, disponível em: <http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/biodiesel/informacoes-de-mercado>.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP N°45 de 25 de agosto de 2014: Dispõe sobre a especificação do biodiesel contida no Regulamento Técnico ANP nº 3 de 2014 e as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos diversos agentes 63 econômicos que comercializam o produto em todo o território nacional. Brasília, 2014

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP N°34 de 28 de julho de 2016. Disponível em: https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-34-2016-?origin=instituicao. Acesso 28 de jun. 2021.

APROBIO. Associação dos Produtores de Biocombustíveis do Brasil. 2018. Programa Biodiesel, da Prefeitura de Osasco, coleta 450 mil litros de óleo de cozinha usado em dez anos. Disponível em: https://aprobio.com.br/noticia/programa-biodiesel-da-prefeitura-de-osasco-coleta-450-mil-litros-de-oleo-de-cozinha-usado-em-dez-anos. Acesso 28 de jun. 2021.

BARBOSA, G. F.; SANTOS, R.A.T.; DE OLIVEIRA, N. M.; DA LUZ, R.A. Tocantins e seus polos regionais: uma proposta de regionalização econômica. ISSN: 1984-8781 - Anais XVIII ENANPUR 2019.

BARCELLOS, L. S.; PEREIRA, R. G. Análise da competitividade da cadeia Produtiva do biodiesel: o caso do sebo Bovino. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCÊLENCIA EM GESTÃO, 10, 2014, Niterói-RJ.

BATENI, H, SARAEIAN, A, ABLE, C. A comprehensive review on biodiesel purification and upgrading, Biofuel Res. J. 4, 668–690, 2017.

BATENI, H.; KARIMI, K. Biodiesel production from castor plant integrating ethanol production via a biorefinery approach, Chemical Engineering Research and Design, v. 107, p. 4-12, 2016.

BETIKU, B.; OKELEYE, A.A.; ISHOLA, N.B; OSUNLEKE, A.S.; OJUMU, T.V. Development of a novel mesoporous biocatalyst derived from kola nut pod husk for

conversion of *Kariya* seed oil to methyl esters: a case of synthesis, modeling and optimization studies. Catal Lett, 149, pp. 1772-1787, 2019.

BIODIESELBR. 2011. Catálise enzimática produz biodiesel mais verde. Disponível em: https://www.biodieselbr.com/noticias/em-foco/catalise-enzimatica-biodiesel-verde-020311. Acesso 28 de jun. 2021.

BIODIESELBR. Santa Rosa (RS) inaugura miniusina de biodiesel. 2013. Disponível em: https://www.biodieselbr.com/noticias/materia-prima/ogr/video-santa-rosa-inaugura-miniusina-100113. Acesso em 28 de jun. de 2021.

BOOCOCK, D. G. B.; KONAR S. K.; LEUNG, A.; Ly, L. D.; Fuel 71, 1283, 1992.

BRASIL. Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelecendo o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Disponível http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/D6514.htm Acesso 28 de jun. 2021.

BRASIL. Instrução Normativa RFB n° 1700, de 14 de março de 2017. Dispõe sobre a determinação e o pagamento do imposto sobre a renda e da contribuição social sobre o lucro líquido das pessoas jurídicas e disciplina o tratamento tributário da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins no que se refere às alterações introduzidas pela Lei nº 12.973, de 13 de maio de 2014. Disponível em: http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?idAto=81268. Acesso em 15 de set. de 2021.

BRASIL. Lei n° 11.097, de 13 janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11097.htm. Acesso em: 28 de jan. de 2021.

BRASIL. Lei n° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais administrativas derivadas de condutas e atividades Lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm. Acesso em: 28 de jun. 2021.

BRASIL. Lei nº 13.263 de 23 de março de 2016. Altera a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, para dispor sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/L13263.htm. Acesso em: 28 de jun. de 2021.

CARDOSO, T. S.; DOS SANTOS, R. A.; COSTA, R. T. T.; AVIZ, E. O.; ARAÚJO, J. F.; SILVA, A. P.; FREITAS, M. C. C.; CORREIA, L. M. Uma revisão da utilização de catalisadores heterogêneos para a produção de biodiesel. Braz. Ap. Sci. Rev.,Curitiba, v. 4, n. 1, p.240-276, 2020.

CASAROTTO F., N.; KOPITTKE, B. H. Análise de investimentos. 9ª 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 89 (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, nº 18, 2015.

CENTENARO, G. S.; FURLAN, V. J. M.; SOARES, L. A. S. Gordura de frango: alternativas tecnológicas e nutricionais. 2009. Disponível em: https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/gordura-de-frango-alternativas-tecnologicas-e-nutricionais/20090213-110309-3202#:~:text=O%20peso%20m%C3%A9dio%20das%20carca%C3%A7as,(%2024%20a%2043%20gramas%20). Acesso em 15 de ago. de 2021.

CHOZHAVENDHAN, S.; SINGH, M.V.P.; FRANSILA, B.; KUMAR, R.P.; DEVI, G.K. A review on influencing parameters of biodiesel production and purification processes. Current Research in Green and Sustainable Chemistry, v. 1-2, p. 1-6, 2020.

CNPE. (2018). Resolução CNPE n° 05, de 15 de março de 2018. Estabelece as metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis. Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União.

CONCEIÇAO, LRV, COSTA CEF, ROCHA FILHO GN, PEREIRA FILHO ER, ZAMIAN JR. Ethanolysis optimisation of jupati (*Raphia taedigera* Mart.) Oil to biodiesel using response surface methodology. J brazil chem soc 2015; 26:1321–30.

Conexão Tocantins (2019). Gurupi inaugura abatedouro municipal de aves no Parque Agroindustrial. Disponível em: https://conexaoto.com.br/2019/06/13/gurupi-inaugura-primeiro-abatedouro-de-aves-no-parque-agroindustrial. Acesso em 28 de ago. de 2021.

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.

DE OLIVEIRA, J. P. et al. Caracterização físico-química de resíduos oleosos do saneamento e dos óleos e graxas extraídos visando a conversão em biocombustíveis. Química Nova [online], v. 37, n. 4, p. 597-602, 2014.

DE PAOLA, M.G.; MAZZA, I.; PALETTA, R.; LOPRESTO, C.G.; CALABRÒ, V. Small-Scale Biodiesel Production Plants—An Overview. Energies 14, 1901, 2021.

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

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

DID, F. H., Produção de biodiesel a partir de óleo residual reciclado e realização de testes comparativos com outros tipos de biodiesel e proporções de mistura em um motogerador. Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, 2010.

DMLU. Departamento Municipal de Limpeza Urbana. Descarte do Óleo de Cozinha. Porto Alegre, 2010. Disponível em:

http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmlu/default.php?p_secao=94. Acesso em 28 de jun. de 2021.

DOBARGANES, M. C.; PÉREZ-CAMINO, M. C. Frying process: selection of fats and quality control. In: INTERNATIONAL MEETING ON FATS & OILS TECHNOLOGY SYMPOSIUM AND EXHIBITION, 1, 1991, Campinas. Anais… Campinas: [S.n.], p. 58-66, 1991.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). Balanço Energético Nacional 2019: Ano base 2018. Rio de Janeiro: 2019.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). Balanço Energético Nacional 2020: Ano base 2019. Rio de Janeiro: 2020.

ETGES, A. P. B. D. S.; SOUZA, J. S. D. Estruturação de uma metodologia para análise do risco financeiro envolvido em empreendimentos imobiliários. Revista Espacios, v. 37, n. 9, p. 22–37, 2016.

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.

FACCINI, C. S.; DA CUNHA, M. E.; MORAES, M.S.A.; KRAUSE, L.C.; MANIQUE, M.C.; RODRIGUES, M.R.A.; BENVENUTTI, E.V.; CARAMÃO, E.B. Dry washing in biodiesel purification: a comparative study of adsorbents. J: Braz. Chem. Soc., v. 22, n° 3, 558-563, 2011.

FANTINEL, A. L. Análise de produção de biodiesel em pesquisa de unidade de processamento empregando óleo residuais como matéria-prima. 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

FERNANDES, R.K.M.; PINTO, J.M.B.; MEDEIROS, O.M.; PEREIRA, C.A. Biodiesel a partir de óleo residual de fritura: alternativa energética e desenvolvimento socioambiental. In: Anais do XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: A integração de cadeias produtivas com a abordagem de manufatura sustentável, p. 13-16, 2008.

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.

GAIA, R. R. et al. Adoção do sistema de franquia no setor alimentício: um estudo de viabilidade econômica financeira. In: XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais XXXV ENEGEP. Fortaleza, Brasil: [s.n.], 2015.

GOHAIN, M.; DEVI, A.; DEKA, D. *Musa balbisiana* Colla peel as highly effective renewable heterogeneous base catalyst for biodiesel production. Ind Crop Prod, 109, pp. 8-18, 2017.

GOUVEIA, A.J.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.

HAEASH, S.; KAMAL, N.; ZAHER, F.; KENAWI, O.; EL DIWANI, G. Biodiesel fuel from Jatropha oil via non-catalytic supercritical metanol transesterification. Fuel, v. 88, n. 3, p.579-582, 2009.

HOWARD, T.P. et al. Synthesis of customized petroleum-replica fuel molecules by targeted modification of free fatty acid pools in *Escherichia coli*. PNAS. V.110, n° 19, p. 7363-7641, 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de geografia e estatística – Indicadores IBGE/Indicadores da Produção Pecuária 2020. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?id=72380&view=detalhes. Acesso em: 19 de jun. de 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em < http://censo2010.ibge.gov.br/ >. Acesso em 28 de jul. de 2021.

ISRAEL, GD (2013) Determining Sample Size. Instituto de Ciências Agrárias e Alimentares (IFAS), Universidade da Flórida, PEOD-6, 1-5.

KEMP, W. H. Biodiesel Basics and Beyond. [S.l.]: Aztec Press, 2006.

KRAUSE, L. C. Desenvolvimento do processo de produção de biodiesel de origem animal. 2008. 130 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química, 2008.

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.

LEE, C. C.; TRAN, MANH-VU; TAN, B. T.; SCRIBANO, G.; CHONG, C. T. A comprehensive review on the effects of additives on fundamental combustion characteristics and pollutant formation of biodiesel and ethanol. Fuel, 119749, 2020.

LIMA, P.C.R. Biodiesel: um novo combustível para o Brasil. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados Centro de Documentação e Informação Coordenação de Biblioteca. 2005.

LIZOTE, S. A. et al. Análise de investimentos: um estudo aplicado em uma empresa do ramo alimentício. In: XI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Anais XI SEGET. [S.l.: s.n.], 2014

MARES, E.K.L.; GONÇALVES, M.A.; LUZ, P.T.S.; FILHO, G.N.R.; ZAMIAN, J.R.; CONCEIÇÃO, L.R.V. Acai seed ash as a novel basic heterogeneous catalyst for biodiesel synthesis: Optimization of the biodiesel production process, Fuel, v. 299, 2021.

MARQUES et al. Metodologia analítica para glicerol em biodiesel: cenário atual. Cad. Pesq., São Luís, v. 18, n. especial, 2011.

MARTINS, R.; NACHILUK, K.; BUENO, C. R. F.; FREITAS, S. M. O biodiesel de sebo bovino no Brasil. Informações Econômicas, SP, v. 41, n. 5, 2011.

MENDES, A. P. A.; COSTA, R. C. Mercado brasileiro de biodiesel e perspectivas futuras. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 31, p. 253-279, 2010.

MENDOW, G.; VEIZAGA, N.S.; SÁNCHEZ, B.S.; QUERINI, C.A. Biodiesel production by two-stage transesterification with ethanol, Bioresource Technology, v. 102, p. 10407-10413, 2011.

MENEGUETTI, N. F. S. P.; ZAN, R. A.; MENEGUETTI, D. U. O. Potencial do sebo bovino rondoniense como matéria prima para a produção de biodiesel em Ariquemes – RO. Revista Eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental, v.8, n. 8, p. 1889-1899, 2012.

MENESES et al. Tratamento do efluente do biodiesel utilizando a eletrocoagulação/flotação: Investigação dos parâmetros operacionais. Química Nova. v. 35, n. 2, 2012.

MENESES et al. Tratamento do efluente do biodiesel utilizando a eletrocoagulação/flotação: Investigação dos parâmetros operacionais. Química Nova. v. 35, n. 2, 2012.

MILADINOVIĆ, M. R; ZDUJIĆ, M. V; VELJOVIĆ, D. N; KRSTIĆ, J. B; BANKOVIĆ-ILIĆ, I. B; VELJKOVIĆ, V. B; STAMENKOVIĆ, O. S. Valorization of walnut shell ash as a catalyst for biodiesel production Renew Energy, 147, pp. 1033-1043, 2020.

MILLI, B. B.; GRIPA, D. C.; SIMONELLI, G.; MARTINS, M. O. D. Produção de biodiesel a partir da mistura de sebo bovino com óleo vegetal. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.7, n.12, 2011.

MOFIJUR, M.; RASUL, M.G.; HYDE, J.; AZAD, A.K.; MAMAT, R.; BHUIYA, M.M.K. Role of biofuel and their binary (diesel–biodiesel) and ternary (ethanol–biodiesel–diesel) blends on internal combustion engines emission reduction, Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 53, p. 265-278, 2016.

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.

NATH, B.; DAS, B.; KALITA, P.; BASUMATARY, S. Waste to value addition: utilization of waste *Brassica nigra* plant derived novel green heterogeneous base catalyst for effective synthesis of biodiesel. J Clean Prod, 239, Article 118112, 2019.

NETO, A. A.; PERON, A. J. Reprodução desenvolvimento e biomassa de minhocas (Eudrillus Eugeniae) em lodo de esgoto produzido na cidade de Gurupi, estado do Tocantins. Iniciação Científica, UFT, Campus Palmas, 2012.

NETO, F.A.S. Reutilização de óleo residual de fritura para a produção de biodiesel e sabão no Distrito Federal. 2015. 43f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

NETO, J.A.A.; NASCIMENTO, J.C.; SAMPAIO, L. A. G. *et al*. Projeto Biocombustível: processamento de óleos e gorduras vegetais in natura e residuais em combustíveis tipo diesel. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., Campinas, 2000.

NETTO, F.F; DRUCIAKI, F. P. As perspectivas sócio-ambientais e econômicas da produção de biodiesel utilizando óleo de fritura residual. Capital Científico. v. 12, n. 2, 2014.

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 S., 2003. Biodiesel - Uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza, CE. Disponível em: http://www.xitizap.com/Livro-Biodiesel.pdf. Acesso em: 28 de jun. de 2021.

PINHO, D. M.; SUAREZ, P. A. Z. Do Óleo de Amendoim ao Biodiesel – Histórico e Política Brasileira para o Uso Energético de Óleos e Gorduras. Revista Virtual de Química, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 39-51, 2017.

POF - Pesquisa de orçamentos familiares 2017-2018: primeiros resultados / IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. - Rio de Janeiro: IBGE, 69 p, 2019.

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

PROJETO LAGOA BIODIESEL. Programa Petrobrás Ambiental – Carteira de Projetos. Proponente: Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária. Mar. 2010. Disponível em: Acesso em 08 de setembro de 2015.

RAMOS, M.; DIAS, A.P.S; PUNA, J.F; GOMES, J.; BORDADO, J.C. Biodiesel production processes and sustainable raw materials. Energies, 12, p. 4408, 2019.

RIBEIRO, H. F, SANTOS, J. P. Caracterização das App's dos Córregos Inseridos no Perímetro Urbano da Cidade de Gurupi–TO. In: 9º Seminário de Iniciação Científica da UFT, v. 5, 2013.

RODRIGUES, W.; ARAÚJO, A.P.; LUNCKES, J.F.; ARAÚJO, A.F. Competitividade da cadeia produtiva da carne bovina no estado do Tocantins. Pesq. Agropec. Trop., goiânia, v. 39, n. 4, p. 294-300, 2009.

SABESP (2007). Efeitos de óleos e graxas para a tratabilidade de esgotos e poluição difusa. Disponível em: http://site.sabesp.com.br/uploads/file/audiencias_sustentabilidade/Efeitos%20de%20%C3%93leos%20e%20Graxas%20na%20Tratabilidade%20de%20Esgotos%20e%20Polui%C3%A7%C3%A3o%20Difusa.pdf. Acesso em 28 de agosto de 2021.

SANTOS, F.N.B. Análise comparativa dos custos operacionais de 44 estações de tratamento de esgoto na região sudeste do Brasil. 107 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. 2018.

SCHUMACHER, J.; GUSTAFSON, C. Economics of Small-Scale Biodiesel Production. Acessado em 15 de junho de 2021 disponível em: <https://farm-energy.extension. org/economics-of-small-scale-biodiesel-production/>.

SEDUC. Secretaria de Estado da Educação. 2018. Disponível em: https://site.educacao.go.gov.br/fica-2018-consumidores-poderao-trocar-oleo-de-cozinha-usado-por-creditos-na-conta-de-agua/. Acesso em 28 de jun. de 2021.

SHALABY, E. A. A Review of Selected Non-Edible Biomass Sources as Feedstock for Biodiesel Production, Biofuels - Status and Perspective, Krzysztof Biernat, IntechOpen, 2015.

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.

SNIS (2018). Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico-SNIS-AE-2018-Capitulo-07.pdf. Acesso em 28 de ago. de 2021.

SOUZA, P. K. S. Análise da qualidade do sistema de transporte público por ônibus em Natal/RN sob a ótica dos estudantes do CT – UFRN Campus central. Trabalho de conclusão de curso não-publicado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Belém, Rio Grande do Norte, 2016.

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.

TACIAS-PASCACIO, V.G.; TORRESTIANA-SÁNCHEZ, B.; DAL MAGRO, L.; VIRGEN-ORTÍZ, J.J.; SUÁREZ-RUÍZ, F.J.; RODRIGUES, R.C.; FERNANDEZ-LAFUENTE, R. Comparison of acid, basic and enzymatic catalysis on the production of biodiesel after RSM optimization. Renew Energy, 135, pp. 1-9, 2019.

TORRES-RODRÍGUEZ, D.A.; ROMERO-IBARRA, I.C.; IBARRA, I.A.; PFEIFFER, H. Biodiesel production from soybean and jatroppha oils using cesium impregnated sodium zirconate as a heterogeneous base catalyst. Renew Energy, 93, pp. 323-331, 2016.

TRAN-NGUYEN, P. L.; GO, A. W.; ISMADJI, S.; JU, YI-HSU. Transesterification of activated sludge in subcritical solvent mixture. Bioresource Technology, 197, 30–36, 2015.

TUZIMOTO, P.A.; RICARDO, J.; TRILHA, R.; FERREIRA, V.B.N.; HEIDRICH, D.N. A construção da Esperança no Processo de Reciclagem de Óleo Vegetal através da Fabricação de Sabões e Sabonete. UFSC Extensio – Revista eletrônica de Extensão. Florianópolis: UFSC. n. 2. 2005. 9fl. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/extensio/article/view/5101/. Acesso em: 28 de jun. de 2021.

UBRABIO. União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene. Guarulhos terá nova usina para reciclar óleo de cozinha e produzir biodiesel. 2018. Disponível em: https://ubrabio.com.br/2018/08/20/guarulhos-tera-nova-usina-para-reciclar-oleo-de-cozinha-e-produzir-biodiesel/. Acesso em: 28 de jun. de 2021.

USDA. (2019). Biofuels Annual: Indonesia. United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, Washington DC.

USEI. Administration. International Energy Outlook 2019 with projections to 2050; 2019. Available: https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/ieo2019.pdf.

VERMA, P.; SHARMA, M.P.; DWIVEDI, G. Impact of alcohol on biodiesel production and properties, Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 56, p. 319-333, 2016.

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.

YAN, Y; LI, X.; WANG, G.; GUI, X.; et al. Biotechnological preparation of biodiesel and its high – valued derivatives: a review. Appl. Energy, 113, p. 1614-1631, 2014.

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.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Questionário: Levantamento geral da população sobre o descarte e uso do óleo e/ou gordura residual de fritura.

“Este questionário será usado como fonte de dados para desenvolvimento de parte da monografia do aluno Rhayk Sales Lira Glória para conclusão da graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, na Universidade Federal do Tocantins - UFT. As informações levantadas são sigilosas e serão tratadas coletivamente. Só respondam pessoas que residem em Gurupi - TO.”

1 - Data do preenchimento do questionário:

Mês, dia, ano

2 - Idade:

- 14-18
- 19-25
- 26-60
- 61+

3 - Sexo:

- Masculino
- Feminino

Prefiro não informar

4 - Você mora em Gurupi - TO?

- Sim
- Não

5 - Quantas pessoas formam o núcleo que se alimentam em sua casa?

6 - Quantos litros de óleo e/ou gordura de cozinha são comprados, em média, por mês, em sua casa? Escreva somente o número correspondente em litros.

7 - Quantas vezes por semana, em média, vocês usam óleo e/ou gordura para fritura?

8 - Qual o volume, em litros, de óleo e/ou gordura residual de fritura que é gerado por mês em sua casa? Escreva somente o número correspondente em litros.

9 - Quando descartado o destino dado a esse óleo e/ou gordura residual de fritura é:

- □ Descartar na pia
- □ Descartar no solo
- □ Guardar em frascos e enterrá-lo
- □ Guardar em Frascos e descartar junto ao lixo doméstico
- □ Guardar em frascos e doar para reciclagem
- □ Não sei

10 - Qual(is) o(s) impacto(s) ambiental(is) causado(s) pelo descarte inadequado do óleo e/ou gordura residual de fritura, dos listados abaixo, você tem conhecimento?

- ☐ Interferência na cadeia alimentar dos ecossistemas
- ☐ Entupimento/rompimento do encanamento
- ☐ Mau funcionamento de estações de tratamento de esgoto
- ☐ Impermeabilização de solos
- ☐ Erosão/corrosão do solo
- ☐ Morte de peixes
- ☐ Não sei

11 - Qual(is) a(s) forma(s) para descartar o óleo e/ou gordura residual de fritura, dos listados abaixo, você considera a(s) mais correta(s)?

- ☐ Na pia
- ☐ Espelhando-o sobre o solo
- ☐ Enterrando-o no solo
- ☐ Acondicionando-o um vasilhame plástico e enterrando
- ☐ Acondicionando-o em um vasilhame plástico e colocando-o junto ao lixo doméstico
- ☐ Acondicionando-o em um vasilhame plástico, separando-o do lixo doméstico e entregando-o a para empresa de reciclagem
- ☐ Não sei

12 - Qual(is) o(s) uso(s) do óleo e/ou gordura residual de fritura para fim(s) comercial(is), dos listados abaixo, você conhece?

- ☐ Produção de sabão
- ☐ Produção de biodiesel
- ☐ Produção de glicerina
- ☐ Produção de tinta
- ☐ Produção de massa de vidraceiro
- ☐ Produção de farinha para ração animal
- ☐ Geração de energia elétrica
- ☐ Não sei

13 - Qual distância você estaria disposto a andar para descartar óleo e/ou gordura de cozinha corretamente?

APÊNDICE B - Cálculo de fluxo de caixa pagando R$ 1,00 pelo OGR e vendendo a R$ 1,09 o Glicerol

ENTRADAS	**Valor**	**Descrição**	**Valor**		
Venda de Biodiesel	R$ 556.185,60	Investimento	R$ 453.425,00		
Venda da Glicerina	R$ 26.683,20	TMA	5,25%		
Total	R$ 582.868,80				
SAÍDAS		**Período**	**Fluxo de Caixa**	**Valor Presente (VP)**	**VP Acumulado**
Compra de OGR	R$ 153.000,00	0	-R$ 453.425,00	-R$ 453.425,00	-R$ 453.425,00
Metanol	R$ 153.000,00	1	R$ 186.823,72	R$ 177.504,72	-R$ 275.920,28
Energia elétrica	R$ 8.398,68	2	R$ 186.823,72	R$ 168.650,57	-R$ 107.269,71
Metilato de sódio	R$ 8.164,08	3	R$ 186.823,72	R$ 160.238,07	R$ 52.968,36
Adsorvente	R$ 9.107,76	4	R$ 186.823,72	R$ 152.245,20	R$ 205.213,55
Coleta	R$ 11.150,88	5	R$ 186.823,72	R$ 144.651,02	R$ 349.864,57
Despesas de produção	R$ 342.821,40				
Outros*	R$ 33.350,00	**Indicadores**	**Valor**		
Equipe	R$ 19.873,68	VPL	R$ 349.864,57		
Demais depesas	R$ 53.223,68	TIR	30,18%		
Total	R$ 396.045,08	Payback	2,7		

*(Divulgação e propaganda + manutenção dos equipamentos da usina)

APÊNDICE C - Apresentação do projeto de lei.

MINUTA DE LEI Nº_____ DE XX DE SETEMBRO DE 2021.

"Institui o programa Câmbio Verde no município de Gurupi e dá outras providências".

A CÂMARA MUNICIPAL DE GURUPI, Estado do Tocantins, no uso de suas atribuições legais, aprova e a, Prefeita Municipal, sanciona a seguinte Lei:

CAPÍTULO I
Da instituição do programa

Art. 1° Fica criado no âmbito do Município de Gurupi o Programa Câmbio Verde, a ser implantado e gerenciado pelo Poder Executivo, com o objetivo de promover a troca de material reciclável por compensação tributária.

Art. 2° Para a concessão dos benefícios de que trata esta Lei o Poder Público poderá integrar a participação da agricultura familiar, associações, cooperativas, artesanato e o comércio local.

CAPÍTULO II
Dos materiais recicláveis, diretrizes e ações

Art. 3° São admitidos como materiais recicláveis para a permuta de que trata esta Lei, desde que devidamente limpos e separados:

I – metal;
II – plástico;
III – vidro;
IV – papel;
V – papelão;
VI – pneu;
VII – óleo e gordura residual de cozinha.

Art. 4° O Programa Câmbio Verde tem como diretrizes:

I – preservação do Meio Ambiente;
II – redução da Poluição;
III – combate à fome e a miséria;
IV – promoção de economia de matérias-primas e de energia;
V – conscientização do cidadão a respeito da importância da reciclagem de materiais;
VI – incentivo a coleta seletiva de resíduos;
VII – redução do volume de resíduos a ser encaminhado ao aterro sanitário e estação de tratamento esgoto (ETE);
VIII – fomentar a economia local, gerando oportunidade de acesso aos pequenos produtores e empresários;
IX – apoiar o desenvolvimento econômico do Município, promovendo a inclusão social através de ações geradoras de trabalho e renda.

Art. 5° O Programa Câmbio Verde compreende as seguintes ações, entre outras relacionadas às diretrizes previstas no art. 4°.

I – estabelecimento de postos de troca de material reciclável por produto de que trata esta Lei;

II – promoção de campanha para sua divulgação;

III – promoção de campanha educativa a respeito da coleta seletiva de resíduos.

CAPÍTULO III
Dos Incentivos Diretos às Associações e Cooperativas de Catadores de Recicláveis

Art. 6° Fica o Poder Executivo autorizado a conceder às cooperativas e associações de recicladores registradas no Município de Gurupi, e que nele operem, os seguintes incentivos:

I – pagamento de adicional de XX% (XX por cento) sobre o valor de venda de todos os produtos recicláveis por elas triados e entregues de volta à cadeia produtiva mediante logística reversa, bem como venda de sabão de óleos e gorduras reaproveitadas e carvão resultante de poda, respeitado o limite anual estabelecido na Lei Orçamentária Anual.

II – pagamento de R$ XX (XX reais) por tonelada de composto curado e pronto para uso produzido com pelo menos 50% com restos de cozinha, podendo o restante ser complementando com folhas e ramos de poda, apara de gramado, restos de papel e papelão e outros materiais que não tenham destinação mais nobre na cadeia produtiva;

III – estabelecimento de convênio de cooperação para que as associações e cooperativas incentivadas por esta lei participem do sistema de compensação de tributos municipais por material reciclável e participem da circulação da Moeda Verde, nos termos definidos nesta lei.

IV – preferência na compra de sabão produzido pelas associações e cooperativas com óleos e gorduras usados advindos de uso doméstico, industrial ou comercial.

V – pagamento à cooperativa ou associação de catadores de lixo pela coleta e entrega ao Município de pneus inservíveis que serão encaminhados para reciclagem, observado valor de mercado em R$/Kg.

VI – autorização para instalação de pontos de coleta voluntária (PCV) destinados a incentivar a participação da sociedade na separação de resíduos e recuperação de óleos e assemelhados.

§ 1º Somente poderão receber os benefícios previstos nesta lei as cooperativas e associações formadas por catadores e pessoas de baixa renda, como tais reconhecidas pelo Município, admitidas as seguintes exceções:

I – a contratação de profissionais para atuarem nas áreas administrativas e em atividades técnicas especializadas que não possam ser adequadamente executadas pelos catadores;

II – a admissão, como cooperados, de até 10% (dez por cento) dos profissionais referidos no inciso I.

§ 2º A comprovação do valor de venda a que se refere o inciso I será feita mediante nota fiscal corretamente emitida e com atesto de entrega assinado por preposto da cooperativa ou associação, o qual responderá sob as penas da lei por declaração falsa ou incorreta.

§ 3º O Município destinará o composto adquirido na forma do inciso II preferencialmente para uso em hortas escolares, hortas comunitárias, parques e jardins municipais, produtores familiares e, em caso de disponibilidade, demais produtores rurais.

§ 4º O valor a ser pago pelo sabão a que se refere o inciso IV será calculado com base em pesquisa no mercado local, atualizada pelo menos a cada seis meses, na qual se levará em conta a qualidade e o tipo do produto.

Art. 7° Os valores expressos em reais serão periodicamente atualizados com base na inflação do período considerado, conforme apurado pelo INPC ou outro índice adequado.

CAPÍTULO IV
Da Moeda Verde

Art. 8° Fica criada a Moeda Verde, constituída por títulos ao portador a serem emitidos pelo Tesouro Municipal em quantidade e com denominações convenientes aos seus fins, conforme especificado nesta lei.

§ 1° Deve-se buscar a modernização do sistema da moeda física para versão digital preferencialmente baseada na tecnologia *blockchain*.

§ 2° Entende-se como *blockchain* tecnologia equivalente a um livro-razão compartilhado e imutável que facilita o processo de registro de transações e o rastreamento de ativos em uma rede de computadores sem risco de sofrerem alterações e/ou fraudes.

Art. 9° A Moeda Verde, posta à venda pelo Tesouro Municipal, poderá ser adquirida por qualquer pessoa física ou jurídica, mediante depósito bancário, e terá livre circulação no mercado.

Parágrafo único. As cooperativas de catadores e associações contempladas nesta lei gozarão de desconto de XX% na aquisição da Moeda Verde.

Art. 10. O valor arrecadado com a venda da Moeda Verde será depositado em conta bancária específica, devendo ser contabilizado como crédito extraorçamentário até que sobrevenha sua conversão em crédito orçamentário na forma definida nesta lei.

Art. 11. Para fins de pagamento de tributos municipais e resgate pelo tesouro municipal, a paridade da Moeda Verde com a moeda nacional brasileira será de um por um.

Art. 12. Qualquer tributo municipal poderá ser integral ou parcialmente pago com a Moeda Verde.

Parágrafo único. Caso o pagamento seja parcial, o setor de arrecadação abaterá o valor pago com a Moeda Verde e emitirá nova guia de arrecadação com o saldo devedor para que o contribuinte recolha o saldo remanescente na rede bancária.

Art. 13. O contribuinte que pagar integralmente e sem parcelamento seus débitos tributários, com vencimento superior a 30 dias, lançados ou não em dívida ativa, usando exclusivamente a Moeda Verde, gozará de desconto de 5% sobre o valor apurado e atualizado da dívida na forma prevista no Código Tributário Municipal.

§1º O contribuinte que já tenha parcelado seus débitos poderá gozar do desconto previsto no caput desde que liquide em operação única as parcelas remanescentes vencidas ou vincendas.

§2º O débito parcelado pode ser pago com a Moeda Verde, mas não gozará do desconto previsto no caput.

Art. 14. Quitado o tributo ou parte dele com a Moeda Verde, o setor de arrecadação encaminhará os títulos recebidos à Tesouraria que deverá:

I - converter os créditos extraorçamentários equivalentes em créditos orçamentários, imputando-os aos tributos quitados;

II - transferir o crédito financeiro da conta Moeda Verde para a conta bancária dos respectivos tributos;

III - colocar os títulos para nova venda, exceto se não recomendável devido ao excesso de uso, ou danos significativos, em cujo caso deverão ser destruídos com os registros devidos e as cautelas de praxe até a substituição por um sistema eletrônico.

Seção I
Dos Recursos

Art. 15. Fica criado o Fundo Municipal de Desenvolvimento Sustentável – FMDS destinado a propiciar suporte financeiro à consecução dos objetivos tratados nesta lei,

promovendo sua viabilização e organizando a captação, o repasse e a aplicação de recursos necessários à sua implementação, constituirão receitas do FMDS:

I - dotações orçamentárias do Município, exclusiva ao Fundo, definida anualmente nas peças orçamentárias;

II - dotações orçamentárias dos recursos repassados ao Município que sejam vinculados aos objetivos do FMDS por força da legislação federal, estadual ou municipal;

III - créditos suplementares a ele destinados;

IV - contribuições, auxílios e doações de pessoas físicas ou jurídicas, nacionais ou estrangeiras, legados e heranças jacentes;

V - aporte de capital por meio da realização de operações de crédito em instituições financeiras oficiais, quando previamente autorizadas por lei específica;

VI - rendas provenientes da aplicação de recursos no mercado financeiro;

VII - destinações autorizadas em lei municipal das arrecadações resultantes de consórcios, programas de cooperação, contratos e acordos específicos, celebrados entre o Município e instituições públicas ou privadas, nacionais ou estrangeiras; e

VIII - transferências autorizadas de recursos de outros fundos.

§1º O saldo dos recursos financeiros não utilizados pelo Fundo Municipal de Desenvolvimento Sustentável será transferido para o exercício seguinte, a seu próprio crédito.

§2º Excetua-se do disposto neste artigo a aquisição realizada com recursos transferidos por intermédio de convênio, quando este estabelecer normas para destinação dos bens adquiridos.

§3º As receitas descritas neste artigo serão depositadas, obrigatoriamente, em conta especial a ser aberta e mantida em instituição financeira oficial

Seção II
Da Circulação da Moeda Verde

Art. 16. Para fazer jus ao pagamento de tributos com a entrega de material reciclável, o interessado deverá vender o material de que disponha para as associações ou cooperativas participantes, delas recebendo o valor correspondente em Moeda Verde.

Art. 17. Na compra de material reciclável com Moeda Verde, as cooperativas e associações participantes pagarão ao fornecedor de material reciclável um sobrepreço mínimo de 5% com relação ao preço ofertado para pagamento em reais.

Art. 18. Caberá às cooperativas e associações participantes estabelecerem o valor de mercado, em Moeda Verde e em reais, para cada tipo de produto reciclável que lhes interesse comprar.

Parágrafo único. O Poder Executivo divulgará em sua página na Internet, no Diário Oficial do Município, e onde mais lhe for conveniente, os valores atualizados pagos pelas cooperativas e associações, bem como os ecopontos e outras condições de comercialização que facilitem as trocas entre os cidadãos e as cooperativas e associações.

Art. 19. A Secretaria Municipal competente credenciará no Programa os estabelecimentos comerciais que desejarem integrar a rede de comércio amigo do meio ambiente.

§1º Os estabelecimentos comerciais credenciados ofertarão seus produtos aos portadores de Moeda Verde.

§2º Os critérios para credenciamento dos estabelecimentos comerciais serão regulamentados, observadas as disposições desta Lei.

§3° O crédito decorrente da troca da Moeda Verde por moeda corrente se dará exclusivamente mediante depósito na conta do favorecido, mediante ordem bancária.

§4° Ao receber a Moeda Verde (títulos) para conversão em reais, a Tesouraria emitirá recibo a favor do comerciante, do qual constará a conta bancária e o CPF do favorecido.

§5° O depósito será feito no prazo máximo de três dias úteis.

§6° O pagamento do resgate da Moeda Verde será feito com os recursos financeiros disponíveis na conta de créditos extraorçamentários específica da Moeda Verde e/ou outras fontes.

§7° Os títulos (Moeda Verde) recebidos pela tesouraria serão tratados na forma especificada no inciso III do art. 13 desta Lei.

Art. 20. A Moeda Verde não poderá ser utilizada para aquisição de bebidas alcoólicas, cigarros, tabaco e outros insumos definidos pela Secretaria Municipal competente.

CAPÍTULO V
Dos incentivos aos cidadãos

Art. 21. Fica o Poder Executivo autorizado a aplicar até XX% da arrecadação efetivada em Moeda Verde na aquisição de prêmios que serão distribuídos entre cidadãos, entidades sem fins lucrativos e órgãos públicos que transacionarem com a Moeda Verde.

Art. 22. A distribuição dos prêmios definidos no artigo anterior se dará mediante uma das formas especificadas neste artigo, de forma isolada ou conjunta:

I – Sorteio entre portadores de Moeda Verde;

II – Distribuição entre contribuintes, escolas, órgãos públicos e entidades da sociedade civil sem fins lucrativos que nos períodos indicados paguem tributos com os maiores valores do período de referência;

III – Empregados da indústria, comércio, serviços ou atividades agropecuárias que forneçam os maiores valores em recicláveis para cooperativas e associações de catadores, sempre medido em Moeda Verde.

CAPÍTULO VI
Disposições finais

Art. 23. O Poder Executivo poderá estabelecer parceria com a iniciativa privada para a execução do Programa Câmbio Verde, e regulamentará a elaboração de normas, procedimentos, planejamento e controles relacionados ao objetivo desta Lei.

Art. 24. Esta lei entra em vigor na data de sua publicação.