



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
IFCE *CAMPUS* MARACANAÚ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS

MARIA LUCICLÉIA CAVALCANTE

**VALORIZAÇÃO DO ÓLEO DE FRITURA RESIDUAL: UMA ALTERNATIVA PARA
A ECONOMIA LOCAL**

MARACANAÚ/CE

2023

MARIA LUCICLÉIA CAVALCANTE

**VALORIZAÇÃO DO ÓLEO DE FRITURA RESIDUAL: UMA ALTERNATIVA PARA
A ECONOMIA LOCAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Energias Renováveis do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, campus de Maracanaú, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Energias Renováveis. Área de Concentração: Energias Renováveis.

Orientador: Dr. Auzuir Ripardo de Alexandria.

Coorientadora: Dra. Érika da Justa Teixeira Rocha.

MARACANAÚ/CE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI

Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C376v Cavalcante, Maria Luciléia.
Valorização do óleo de fritura residual : Uma alternativa para a economia local / Maria Luciléia Cavalcante. - 2023.
80 f.
- Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Energias Renováveis, Campus Maracanaú, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Auzuir Ripardo de Alexandria.
Coorientação: Profa. Dra. Érika da Justa Teixeira Rocha.
1. óleo de fritura residual. 2. biodiesel. 3. município de médio porte. 4. viabilidade econômica. 5. economia circular. I. Título.

CDD 620.91

MARIA LUCICLÉIA CAVALCANTE

VALORIZAÇÃO DO ÓLEO DE FRITURA RESIDUAL: UMA ALTERNATIVA PARA A
ECONOMIA LOCAL

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Energias Renováveis do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, campus de Maracanaú, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Energias Renováveis, área de concentração: Energias Renováveis.

Aprovada em ___ / ___ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Auzuir Ripardo de Alexandria (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE

Prof. Dra. Érika da Justa Teixeira Rocha (Coorientadora)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE

Prof. Dr. Bruno César Barroso Salgado
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE

Prof. Dr. John Hebert da Silva Felix
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB

Dedico este trabalho a pequena Lucicléia que um dia ousou sonhar e que ao longo dos anos tem conseguido concretizar tudo aquilo que havia sonhado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter permitido que eu chegasse até aqui e tem me proporcionado realizar grandes sonhos.

A Elisabete, pela dedicação, apoio, companheirismo, incentivo e principalmente, pela paciência em não permitir que eu desistisse desse projeto. Muito obrigada, essa conquista divido com você.

A minha família que soube compreender minhas ausências e por vezes a má qualidade de minha atenção pois sabiam da necessidade de dedicação e envolvimento nesta pesquisa.

A todos os professores e professoras que me formaram, desde a primeira infância até as formações superiores, suas contribuições e ensinamentos foram de suma importância para que eu alcançasse mais essa vitória. Especialmente a Gilmar Rodrigues (*In memoriam*), Flávio Gutemberg, Cícero Onofre (*In memoriam*) e Olavo de Souza.

Aos professores, Dr. Auzuir Ripardo e Dra Érika da Justa, respectivamente, orientador e coorientadora, pela orientação, confiança, ensinamentos e acima de tudo, compreensão nos períodos mais turbulentos.

Ao campus de Quixadá nas pessoas dos professores Francisco Helder e Alexandre Praxedes por todo o apoio dado, inclusive com a possibilidade de flexibilização de horários e disponibilização de laboratórios, equipamentos e materiais de consumo necessários ao desenvolvimento da pesquisa.

Aos membros da banca examinadora Prof. Dr. Bruno César e Dr. John Hebert que se dispuseram a participar da avaliação e ainda dedicaram seu tempo na propositura de valorosas considerações.

E por fim, mas não menos importante, ao Programa de Pós-graduação em Energias Renováveis - PPGER do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, campus de Maracanaú, pela disseminação do conhecimento e oportunidade de acesso.

“Que os meus ideais sejam tanto mais fortes quanto maiores forem os desafios, mesmo que precise transpor obstáculos aparentemente intransponíveis. Porque metade de mim é feita de sonhos e a outra metade é de lutas”.

Vladimir Maiakovski.

RESUMO

O Brasil possui cerca de 586 municípios de médio porte e em grande parte deles o desemprego ou a informalidade são pontos cruciais que afetam a economia destas cidades. Em contrapartida, esses mesmos municípios se deparam com o problema do descarte incorreto dos resíduos produzidos pela população, entre eles, os óleos de fritura residuais. Este trabalho investiga a viabilidade econômica de uma conjunção oportuna, onde se propõe recolher o óleo de fritura residual (OFR) gerado por um município de médio porte, dando-lhe a destinação ambientalmente correta, e transformando essa ação em um fator propulsor da economia local. Para tanto, toma-se a cidade de Quixadá/CE como objeto de estudo e levanta-se o volume de OFR gerado pela população residente, bem como pelo setor de alimentação. Com a estimativa do volume de OFR projeta-se a capacidade de geração de renda, para um primeiro momento, tão somente com a comercialização do óleo de fritura em seu estado bruto e de forma alternativa com a produção de biodiesel e seu subproduto, o glicerol. Para o primeiro cenário a pesquisa se mostra viável, com um tempo de retorno estimado em quase 4 anos e um Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 35.439,11. Já o cenário 2, produção de biodiesel a partir do OFR também se mostrou viável com a VPL de 260.539,35 e um índice de lucratividade de 2,00%. Portanto, a pesquisa se mostrou viável sob o principal tripé da sustentabilidade, ambiental pois promove o descarte correto do OFR, econômico, com a alavancagem de recursos financeiros movimentando a economia local e o social, quando possibilita a criação de novos postos de trabalho que não requerem uma mão de obra especializada contribuindo para a redução do desemprego e da informalidade no município estudado.

Palavras-chave: óleo de fritura residual, biodiesel, município de médio porte, viabilidade econômica, economia circular.

ABSTRACT

Brazil has about 586 medium-sized municipalities and in most of them unemployment or informality are crucial points that affect the economy of these cities. On the other hand, these same municipalities are faced with the problem of incorrect disposal of waste produced by the population, including residual frying oils. This work investigates the economic viability of an opportune conjunction, where it is proposed to collect the residual frying oil (WCO) generated by a medium-sized municipality, giving it an environmentally correct destination, and transforming this action into a driving factor of the local economy. For this purpose, the city of Quixadá/CE is taken as an object of study and the volume of WCO generated by the resident population is raised, as well as by the food sector. With the estimate of the WCO volume, the income generation capacity is projected, for a first moment, only with the commercialization of the frying oil in its raw state and alternatively with the production of biodiesel and its by-product, the glycerol. For the first scenario, the research proves to be viable, with an estimated payback time of almost 4 years and a Present Value (PV) of R\$ 35,439.11. Scenario 2, production of biodiesel from WCO also proved to be viable with a PV of 260,539.35 and a profitability index of 2,00%. Therefore, the research proved to be viable under the main sustainability tripod, environmental because it promotes the correct disposal of the WCO, economic, with the leverage of financial resources moving the local economy and the social, when it allows the creation of new jobs that do not they require specialized labor, contributing to the reduction of unemployment and informality in the municipality studied.

Keywords: wco, biodiesel, medium-sized municipality, economic viability, circular economy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Resumo apresentação do trabalho	14
Figura 2 – Reação de transesterificação	24
Figura 3 – Fluxograma de produção do Biodiesel através do processo de Transesterificação	25
Figura 4 – Resultados de ocorrências de artigos com as palavras-chave, biodiesel, OFR e geração de renda	26
Figura 5 – Apresentando o município de Quixadá/CE.....	35
Figura 6 – OFR Aquecido a 70° acrescido de metanol, NaOH e fenofaleína	41
Figura 7 – Biodiesel produzido	42
Figura 8 – Biodiesel + Glicerol em decantação.....	42
Figura 9 – Biodiesel puro após lavagens	43
Figura 10 – Cenário1	44
Figura 11 – Cenário 2.....	45
Figura 12 – Destinação do OFR nas residências	48
Figura 13 – A melhor forma de coleta.....	48
Figura 14 – Participação ativa no armazenamento e entrega do OFR.....	49
Figura 15 – Quantidade de óleo ou gordura vegetal adquiridos.....	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Especificações do Biodiesel	21
Quadro 2 – Ponto de entupimento de filtro a frio.....	23
Quadro 3 – Resumo do estado da arte no segundo momento.....	28
Quadro 4 – Lista de Instituições de Ensino Pesquisadas	37
Quadro 5 – Lista de equipamento, reagentes e vidrarias utilizados	40
Quadro 6 – % Representação do tipo de estabelecimento comercial entrevistado	50
Quadro 7 – Rendimento do biodiesel obtido	53
Quadro 8 – Resultados dos ensaios realizados com cada amostra de biodiesel	54
Quadro 9 – Volume de OFR estimado para o município de Quixadá.....	56
Quadro 10 – Receitas projetadas com a venda dos subprodutos	59
Quadro 11 – Despesas com a produção de biodiesel.....	60
Quadro 12 – Análise de Sensibilidade a partir do OFR	61
Quadro 13 – Comparativo de estudos semelhantes	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – % da população brasileira distribuídos em faixas.....	16
Tabela 2 – Volume de óleo mensal adquirido pela população de Quixadá.....	46
Tabela 3 – Volume de OFR/pessoa x mês.....	47
Tabela 4 – Quantidade de óleo utilizado para fritura/semana	51
Tabela 5 – Índice de acidez do óleo de fritura residual	53
Tabela 6 – Índice de acidez do biodiesel.....	53
Tabela 7 – Quantidade OFR fornecido pelo setor comercial/mês.....	55
Tabela 8 – Volume de vendas mensal de óleo e margarina vegetal para empresas	55
Tabela 9 – Custos de investimento para recolhimento do OFR	57
Tabela 10 – Custos operacionais mensais	57
Tabela 11 – Apresentação dos índices de viabilidade para o Cenário 1.....	58
Tabela 12 – Investimento Inicial	59
Tabela 13 – Índices de Viabilidade para o Cenário 2.....	60

SUMÁRIO

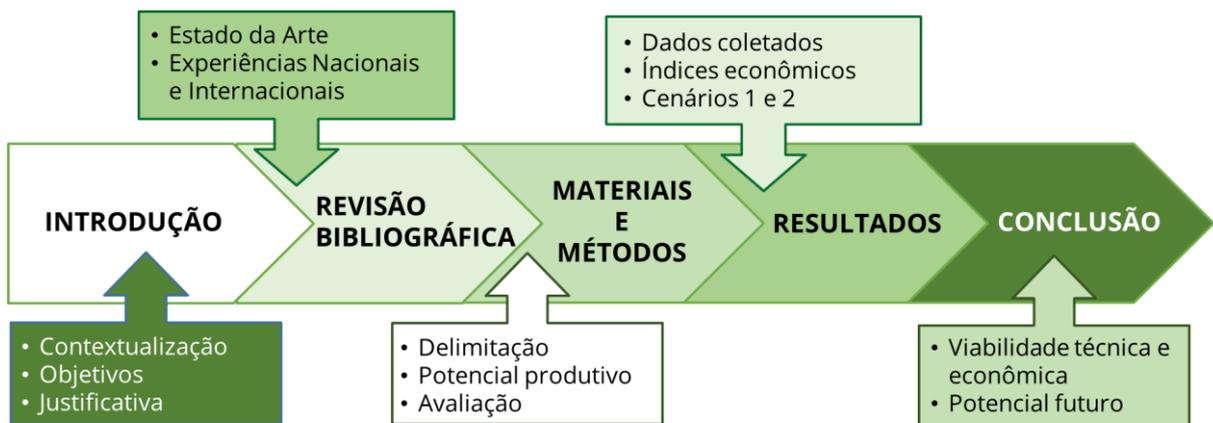
1	INTRODUÇÃO	14
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	14
1.2	OBJETIVOS	17
1.2.1	<i>Objetivo geral.....</i>	<i>17</i>
1.2.2	<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>18</i>
1.3	JUSTIFICATIVA	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1	O BIODIESEL	21
2.2	PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEO RESIDUAL.....	23
2.3	ESTADO DA ARTE	25
2.3.1	<i>Experiências internacionais.....</i>	<i>29</i>
2.3.2	<i>Experiências no Brasil.....</i>	<i>31</i>
3	METODOLOGIA	34
3.1	DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	34
3.2	POTENCIAL PRODUTIVO DE OFR.....	36
3.2.1	<i>Questionário à população residente</i>	<i>36</i>
3.2.2	<i>Questionário ao setor de serviços do ramo de alimentação.....</i>	<i>38</i>
3.2.3	<i>Potencial de OFR a partir do volume de vendas dos atacadistas</i>	<i>39</i>
3.3	PRODUÇÃO DE BIODIESEL EM LABORATÓRIO	39
3.3.1	<i>Procedimentos e análises do óleo de fritura coletado.....</i>	<i>39</i>
3.3.2	<i>Produção de biodiesel.....</i>	<i>40</i>
3.3.3	<i>Procedimentos e análises do biodiesel produzido</i>	<i>43</i>
3.4	AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTO DE PROJETO	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
4.1	RESPOSTAS DA POPULAÇÃO AOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS	46
4.2	RESPOSTAS DO SETOR ALIMENTÍCIO AOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS.....	50
4.3	ANÁLISES DAS AMOSTRAS DE BIODIESEL	52
4.4	ÍNDICES ECONÔMICOS DE ANÁLISE DE PROJETO	54
4.4.1	<i>Estimativa do volume de OFR.....</i>	<i>55</i>
4.4.2	<i>Cenário 1: Serviço de coleta e revenda do OFR</i>	<i>56</i>
4.4.3	<i>Cenário 2: Produção de biodiesel a partir do OFR</i>	<i>58</i>

5 CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS.....	66
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO À POPULAÇÃO DA CIDADE DE QUIXADÁ/CE.....	71
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO APLICADO AO SETOR PRODUTIVO DO RAMO DE ALIMENTAÇÃO DA CIDADE DE QUIXADÁ/CE	75
APÊNDICE C – DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DOS ÍNDICES ECONÔMICOS PARA O CENÁRIO 1.....	79
APÊNDICE D – DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DOS ÍNDICES ECONÔMICOS PARA O CENÁRIO 2.....	80

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, sendo o primeiro responsável pela contextualização, definição do problema e justificativa. No segundo capítulo encontram-se as principais referências adotadas. A seguir têm-se os métodos empregados para guiar a coleta de informações, além dos materiais e ferramentas utilizadas no decorrer dos processos de coleta, e análise de dados. O quarto capítulo destina-se a discorrer sobre os resultados alcançados e o último capítulo é dedicado as conclusões estabelecidas ao problema estudado.

Figura 1 – Resumo apresentação do trabalho



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

1.1 Contextualização

Especialistas do mundo inteiro estão preocupados ainda hoje com as equações provocadas pelo crescimento desordenado da população mundial versus excesso de consumo e desperdício dos Recursos Naturais. Além dos danos provocados pelo efeito estufa ao clima e a natureza, entre outras degradações ambientais.

O crescimento populacional e a industrialização provocaram um aumento substancial no consumo de petróleo mundial nas últimas décadas, resultando no esgotamento das reservas de combustíveis fósseis. Por consequência, a escassez das reservas de combustíveis fósseis derivados do petróleo tornaram as alternativas de energias renováveis um importante atrativo para mercado futuro de energia (BHUIYA, et al., 2014).

Nesse cenário, pesquisadores tem procurado alternativas como o etanol e o biodiesel, porque eles são importantes fontes de energia renovável, técnica e economicamente falando (BENVENGA et al., 2016).

Em 2016 a Agência Internacional de Energia divulgou um relatório demonstrando que ao longo daquele ano, mais de 6,5 milhões de pessoas no mundo haviam morrido por complicações relacionadas a poluição do ar. E ainda alertava que os números poderiam aumentar nas décadas vindouras (AIE, 2016).

Diante deste cenário, cientistas têm alertado que a exploração desenfreada dos recursos naturais nos séculos XX e XXI já são bem maiores do que foram nos vinte séculos anteriores. O preço do conforto trazido pelas novas tecnologias e inovações para favorecer a sociedade de consumo vem apresentando um custo ambiental exponencial, diante das alterações climáticas que a cada ano se acentuam no mundo.

De acordo com Bhuiya et al. (2014), os combustíveis fósseis convencionais, diesel, por exemplo, contribuem para o aquecimento global através do aumento da emissão de gases do efeito estufa (GEE).

Com o objetivo de buscar cumprir os compromissos assumidos no acordo de Paris, e resolver o problema dos Resíduos Sólidos Urbanos não reaproveitados, além de tentar reduzir a quantidade de lixões, seja pela falta de coleta nas origens, ausência de reciclagens ou pela falta de Cooperativas nas cidades para dar uma destinação ecológica a esses Resíduos, situação comum em 95% das cidades brasileiras que não dispõem de Aterros Sanitários, o Governo Federal atualizou as legislações vigentes e estabeleceu a Lei 12.305/2010.

O objetivo é que, de forma tripartite, Poderes Públicos Municipais, Escolas, Empresas e a Sociedade Civil, assumissem como responsáveis pelas ações socioambientais em cada Município, através de atividades coletivas envolvendo: movimentos compartilhados de educar pessoas; implantar sistemas de coleta e separação de resíduos para gerar renda e inclusão social; separar e destinar materiais para a reciclagem; fazer uso da compostagem; implementar e capacitar cooperativas; introduzir as tecnologias sociais e a economia circular, que tratam do reaproveitamento possível dos resíduos antes dos seus descartes. Infelizmente, não é perceptível o esforço dos agentes públicos em implantar esse modelo de política, mesmo a referida lei estabelecendo essa obrigatoriedade em seus Artigos 8º, 9º e 10º e seus parágrafos:

Art. 8º São instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, entre outros:
IV - o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;
VI - a cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado para o desenvolvimento de pesquisas de novos produtos, métodos, processos e tecnologias de gestão, reciclagem, reutilização, tratamento de resíduos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos;
VII - a pesquisa científica e tecnológica;
VIII - a educação ambiental;

Art 9º Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Art. 10º Incumbe ao Distrito Federal e aos Municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios, sem prejuízo das competências de controle e fiscalização dos órgãos federais e estaduais do Sisnama, do SNVS e do Suasa, bem como da responsabilidade do gerador pelo gerenciamento de resíduos, consoante o estabelecido nesta Lei (BRASIL, 2010, p. 4 e 5).

Em suma, a Lei 12.305/2010 enfatiza o papel protagonista dos municípios não só no trato das questões socioambientais, bem como reforça a necessidade de utilizar-se destas práticas para incentivar a cooperação, a economia circular e o desenvolvimento regional.

Segundo projeções¹ do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas – IBGE, o Brasil chegaria a 2021 com uma população total de aproximadamente 213.354.166 habitantes, distribuídos em 5.770 municípios (IBGE, 2021). Do total de municípios do país, cerca de 586 possuem uma população entre cinquenta e trezentos mil habitantes e que representam quase um terço da população final, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – % da população brasileira distribuídos em faixas

Faixa do N° de habitantes (hab)	N° de municípios (und)	População dos municípios (hab)	% População dos municípios
Até 50.000	4.889	65.803.923	30,8%
50.000 – 299.999	586	62.297.803	29,2%
300.000 – 500.000	47	17.777.964	8,4%
Maior que 500.000	48	67.474.476	31,6%

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

A partir da Tabela 1 percebe-se que a população brasileira está dividida em praticamente três faixas: 30,8% distribuída em 4.889, seguido por 31,6% distribuídos em municípios com mais de 500 mil habitantes e o restante, 37,6% da população que se enquadram na faixa intermediária, ou seja, dos chamados municípios de médio porte.

Esta pesquisa realizou um recorte a mais e estratificou a faixa intermediária em duas partes: na primeira, considerou a faixa de 50.000 a 300.000 habitantes cuja representatividade foi da ordem de 29,2% e a segunda de 300.000 a 500.000 habitantes, representando os 8,4% restantes. Desta forma, esta pesquisa é direcionada aos municípios enquadrados na primeira faixa intermediária, ou seja, municípios cuja população estejam entre 50.000 e 300.000 habitantes.

¹ Utilizou-se dados de projeção da população porque o IBGE, até a data de finalização desta pesquisa, não havia realizado a atualização do censo demográfico cuja data de revisão era o ano 2020.

Em 2017 o Brasil instituiu a Política Nacional de Biocombustíveis (Renovabio), através da Lei 13.576/2017, onde destaca-se os três primeiros artigos que tratam dos objetivos, dos fundamentos e dos princípios, onde cada um traz um inciso que estão em sintonia com aqueles preconizados na lei de resíduos sólidos, são eles:

Art. 1º Fica instituída a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), parte integrante da política energética nacional de que trata o [art. 1º da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997](#), com os seguintes objetivos:

I - contribuir para o atendimento aos **compromissos do País no âmbito do Acordo de Paris** sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima;

Art. 2º São fundamentos da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio):

I - a contribuição dos biocombustíveis para a segurança do abastecimento nacional de combustíveis, da preservação ambiental e **para a promoção do desenvolvimento e da inclusão econômica e social.**

Art. 3º A Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), composta por ações, atividades, projetos e programas, deverá viabilizar oferta de energia cada vez mais sustentável, competitiva e segura, observados os seguintes princípios:

IV - potencial de contribuição do mercado de biocombustíveis **para a geração de emprego e de renda e para o desenvolvimento regional**, bem como para a promoção de cadeias de valor relacionadas à bioeconomia sustentável (BRASIL, 2017, p. 1, grifo da autora).

Conforme Miranda (2018), o uso do biodiesel em motores traz benefícios ambientais pois ele é atóxico, biodegradável e livre de enxofre, além de reduzir a emissão de poluentes gasosos, e o aquecimento global. A produção pode ser regionalizada e efetivada por pequenas empresas trazendo benefícios econômicos aos pequenos produtores, inclusive.

Então, considerando a aplicação dos preceitos da Lei 12.305/2010 no sentido de promover a destinação correta do descarte de resíduos e incentivar a cooperação ente entes das esferas pública e privada na busca pela reutilização e reciclagem do material coletado. Atrelada a Lei 13.576/2017 que incentiva a produção de biocombustíveis como princípio para geração de renda e o desenvolvimento regional acrescentando o próprio interesse dos municípios de promoverem o crescimento destes e de sua população é que surgiu a proposta deste trabalho, cuja principal inquietude é: **Economicamente falando, é viável a produção de biodiesel a partir de óleo de fritura residual em municípios de médio porte, como forma de geração de renda?**

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Analisar a viabilidade econômica da produção de biodiesel a partir de óleos e gorduras de frituras processados que são descartados pela população de uma cidade de médio porte, como alternativa a geração de renda.

1.2.2 *Objetivos específicos*

- ✓ Consultar o volume de óleos e gorduras residuais descartados pela população em geral e pelo setor de serviços, especificamente do ramo de alimentação, tais como bares, restaurantes, lanchonetes, hotéis, entre outros;
- ✓ Levantar os custos de coleta, armazenamento e transporte de óleos e gorduras descartados;
- ✓ Levantar os custos de produção do biodiesel a partir dos óleos descartados;
- ✓ Calcular os índices econômicos da comercialização de óleos e gorduras residuais para reciclagem;
- ✓ Calcular o potencial de renda gerado a partir da implantação da cadeia de produção de biodiesel com esta matéria-prima.

1.3 **Justificativa**

Este trabalho tem como foco principal o estudo de caso realizado no município de Quixadá/CE, um importante representante dos municípios de médio porte, localizado na região conhecida como Sertão Central, no estado do Ceará. Tal escolha se faz jus porque Quixadá possui uma população estimada em 88.899 habitantes, apresenta um IDHM de 0,659 e ainda, apenas 9,7% da população possui algum tipo de ocupação formal (IBGE, 2021).

Primeiramente, destaca-se que o município de Quixadá possui todas as características que se pretende estudar: se enquadra no quesito de médio porte, possui uma baixa taxa de ocupação de trabalho formal, o que leva a acreditar que possui alta taxa de desemprego e por consequência uma baixa renda per capita. Segundo o IBGE, cerca de 47% da população dos 586 municípios que se enquadraram na faixa intermediária possuem uma taxa de ocupação que varia entre 0 e 19,9%.

De acordo com o IBGE, o município apresenta uma taxa de 52,7% dos seus domicílios com disponibilidade de esgotamento sanitário. Dessa forma, conclui-se que o restante, quase metade das residências, são suscetíveis à contaminação do solo e por consequência das águas subterrâneas, inclusive pelo descarte do óleo de fritura residual (OFR).

A escolha por reaproveitar o OFR para a produção de biodiesel parte do pressuposto que este serviço, impacta três diferentes setores:

a) O ambiental, com a criação de um novo destino para o óleo, antes descartado diretamente no solo ou nas redes de esgotos. A escolha por sua utilização evita o descarte do material, a necessidade de manutenção dos sistemas de esgotamento públicos e o tratamento de

águas pela presença de óleo residual, além de propiciar a diminuição na retenção de sólidos, entupimentos e problemas de drenagem (NOVAES, 2014).

Ainda no campo ambiental, Costa (2017) apud Rosa et al. (2003) apontou que a utilização de biocombustíveis propicia a redução de GEE a depender da matéria-prima de origem. No caso do OFR o biodiesel metílico pode evitar cerca de 3,9 kgCO₂eq/L. Sabe-se que a produção de biodiesel por OFR no período de 2011-2021 foi de 5,65 milhões de litros (ABIOVE, 2022). Desta forma, pode-se inferir que a produção de biodiesel a partir do OFR proporcionou uma redução de 2,2 milhões de toneladas de CO₂eq lançados na atmosfera.

b) Em seguida tem-se o setor social com a possibilidade de geração de emprego e renda em comunidades sem oportunidade de trabalhos formais. Rossi et al. (2018) constatou que a produção de biodiesel a partir de OFR, mesmo sem pré-tratamento, se mostrou viável economicamente alcançando um índice de rendimento de aproximadamente 90,77%.

c) Por fim, o último setor favorecido é o energético, com a produção do biodiesel, um biocombustível potencialmente menos poluente que o óleo diesel de petróleo (GUABIROBA, 2009).

Acrescente-se a isso o fato de que milhões de toneladas de OFR são geradas em todo o mundo. Por exemplo, a China é conhecida como o maior produtor deste tipo de insumo, gerando 5,6 milhões de toneladas de OFR a cada ano. Seguido da Índia, que devido a sua alta densidade populacional, se tornou o segundo maior produtor de OFR com uma produção anual de cerca de 1,135 milhões de toneladas (TEIXEIRA et al., 2018).

Teixeira (2018, p. 616), ainda faz duas considerações importantes:

i) O Brasil possuía em 2016 um consumo per capita de óleo vegetal por ano da ordem de 17,86 kg/per capita/ano.

ii) Para cada tonelada de óleo vegetal consumido são produzidos 320 kg de OFR (TEIXEIRA, 2018, p.616).

Ora, tomando-se a população projetada de Quixadá, 88.899 habitantes e multiplicando pela taxa per capita encontra-se um consumo de óleo vegetal no ano, de cerca de 1.587 t. Aplicando-se a relação entre consumo de óleo vegetal e OFR produzido, encontra-se que, a população de Quixadá apresenta o potencial de produção de 507,84 t/ano de OFR. Em contrapartida, a produção de Biodiesel a partir de OFR no último ano, 2021 foi de 100.283 t (ABIOVE, 2021).

Desta forma, ao adotar-se Quixadá como ponto de estudo, esta pesquisa está convicta de sua representatividade para extrapolar os resultados a outros municípios de mesmas características. Além de perceber que, como bem disse Teixeira et al. (2018) o uso da economia circular para o OFR é de grande importância para adotar medidas eficazes de descarte e

reutilização, ajudando a minimizar os impactos ambientais, assim como poderá contribuir para uma eficiência econômica na região.

Há de se considerar ainda, que o município de Quixadá possui uma usina de biodiesel que foi inaugurada em agosto/2008, com capacidade de produção de 95.606,6 t/ano de biodiesel e que atualmente encontra-se com suas atividades suspensas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O biodiesel

No Brasil, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, é quem está devidamente designada para tratar das questões referentes ao biodiesel, e ela o define tecnicamente, como sendo:

Combustível composto de alquil ésteres de ácidos carboxílicos de cadeia longa, produzido a partir da transesterificação e/ou esterificação de matérias graxas, de gorduras de origem vegetal ou animal, e que atenda a especificação (ANP, 2014).

A ANP vem publicando várias Resoluções que tratam da produção, da comercialização e principalmente, da qualidade do biodiesel comercializado no país. Tais parâmetros foram definidos ainda na Resolução Nº 45 de 25/08/2014, porém esta sofreu atualizações ao longo dos anos a fim de que possamos ter uma base sólida de ensaios a serem realizados nos biocombustíveis nos quesitos unidades, limites e métodos, os quais apresentamos no Quadro 1.

Quadro 1 – Especificações do Biodiesel

Característica	Unidade	Limite	Método		
			ABNT NBR	ASTMD	EN/ISO
Aspecto	-	LII (1) (2)	-	-	-
Massa específica a 20° C	kg/m ³	850 a 900	7148 14065	1298 4052	EN/ISO 3675 EN/ISO 12185
Viscosidade Cinemática a 40° C	mm ² /s	3,0 a 6,0	10441	445	EN/ISO 3104
Teor de água, máx	mg/kg	200,0 (3)	-	6304	EN/ISO 12937
Contaminação Total máx. (13)	mg/kg	24	15995	-	EN/ISO 12662 (5)
Ponto de fulgor, mín. (4)	° C	100,0	14598	93	EN/ISO 3679
Teor de éster, mín.	% massa	96,5	15764	-	EN 14103 (5)
Cinzas sulfatadas máx. (6)	% massa	0,020	6294	874	EN/ISO 3987
Enxofre total, máx	mg/kg	10	15867	5453	EN/ISO 20846 EN/ISO 20884
Sódio + Potássio, máx.	mg/kg	5	15554 15555 15553 15556	-	EN 14108 (5) EN 14109 (5) EN 14538 (5)
Cálcio + Magnésio, máx.	mg/kg	5	15553 15556	-	EN 14538 (5)
Fósforo, máx (7)	mg/kg	10	15553	4951	EN 14107 (5) EN 16294 (5)
Corrosividade ao cobre, 3h a 50° C, máx. (6)	-	1	14359	130	EN/ISO 2160
Número Cetano (6)	-	Anotar	-	613 6890 (8)	EN/ISO 5165

Ponto de entupimento de filtro a frio, máx.	°C	(9)	14747	6371	EN 116
Índice de acidez, máx.	mg KOH/g	0,50	14448	664	EN 14104 (5)
Glicerol livre, máx	% massa	0,02	15771 15908 (5)	6584 (5)	EN 14105 (5) EN 14106 (5)
Glicerol total, máx. (10)	% massa	0,25	15344 15908 (5)	6584 (5)	EN 14105
Monoacilglicerol, máx.	% massa	0,7	15342 (5) 15344 15908 (5)	6584 (5)	EN 14105 (5)
Diacilglicerol, máx.	% massa	0,20	15342 (5) 15344 15908 (5)	6584 (5)	EN 14105 (5)
Triacilglicerol, máx.	% massa	0,20	15342 (5) 15344 15908 (5)	6584 (5)	EN 14105 (5)
Metanol e/ou Etanol, máx.	% massa	0,20	15343	-	EN 14110 (5)
Índice de Iodo	g/100g	Anotar	-	-	EN 14111 (5)
Estabilidade à oxidação a 110° C, mín. (11)	h	12	-	-	EN 14112 (5) EN 15751 (5)

Fonte: Resolução N° 45 e alterações da ANP (2014).

Nota:

(1) Límpido e isento de impurezas, com anotação da temperatura de ensaio. Em caso de disputa, o produto só poderá ser considerado como não especificado no Aspecto, caso os parâmetros teor de água e/ou contaminação total estejam não conformes.

(2) Para efeito de fiscalização, nas autuações por não conformidade no Aspecto, deverão ser realizadas as análises de teor de água e contaminação total. O produto será reprovado caso pelo menos um desses dois últimos parâmetros esteja fora de especificação.

(3) Para efeito de fiscalização, nas autuações por não conformidade, será admitida variação de +50 mg/kg no limite do teor de água no biodiesel para o produtor e de +150 mg/kg para o distribuidor.

(4) Quando a análise de ponto de fulgor resultar em valor superior a 130°C, fica dispensada a análise de teor de metanol ou etanol.

(5) Os métodos referenciados demandam validação para os materiais graxos não previstos no método e rota de produção etílica.

(6) Estas características devem ser analisadas em conjunto com as demais constantes da Tabela de Especificação a cada trimestre civil. Os resultados devem ser enviados à ANP pelo Produtor de biodiesel, tomando uma amostra do biodiesel comercializado no trimestre e, em caso de neste período haver mudança de tipo de material graxo, o Produtor deverá analisar número de amostras correspondente ao número de tipos de materiais graxos utilizados.

(7) Em caso de disputa, deve ser utilizado o método EN 14107 como referência.

(8) O método ASTM D6890 poderá ser utilizado como método alternativo para determinação do número de cetano.

(9) Limites conforme Tabela II. Para os estados não contemplados na Tabela o ponto de entupimento a frio permanecerá 19°C.

(10) Poderá ser determinado pelos métodos ABNT NBR 15908, ABNT NBR 15344, ASTM D6584 ou EN14105, sendo aplicável o limite de 0,25% em massa. Para biodiesel oriundo de material graxo predominantemente láurico, deve ser utilizado método ABNT NBR 15908 ou ABNT NBR 15344, sendo aplicável o limite de 0,30% em massa.

(11) O limite estabelecido deverá ser atendido em toda a cadeia de abastecimento do combustível.

(13) Deverá ser utilizada somente a versão da norma de 1998 ou 2008 (EN 12662:1998 ou EN 12662:2008) (Redação acrescida pela Resolução ANP nº 51/2015).

Além das especificações apresentadas é importante que se observe ainda o ponto de entupimento de filtro a frio que sofre alteração ao longo do ano em algumas regiões do país,

devido a nossa extensão territorial onde a mudança climática é mais sentida. Portanto a resolução permite uma variação de valores, conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Ponto de entupimento de filtro a frio

UNIDADES DA FEDERAÇÃO	LIMITE MÁXIMO, °C											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SP – MG - MS	14	14	14	12	8	8	8	8	8	12	14	14
GO/DF – MT – ES - RJ	14	14	14	14	10	10	10	10	10	14	14	14
PR – SC - RS	14	14	14	10	5	5	5	5	5	10	14	14

Fonte: Resolução N° 45 e alterações da ANP (2014).

Em outras palavras, a Resolução N° 45 da ANP esclarece os tipos de matérias-primas que dão origem aos biocombustíveis, tais como: óleos e gorduras vegetais de origem agrícola, de óleos e gorduras animais vindos de abatedouros, frigoríficos e curtumes, através de microalgas, assim como utilizando óleos residuais de frituras e matérias graxas de esgoto, além de estabelecer os parâmetros que eles devem apresentar quando de sua produção e ou comercialização (DÍAZ et. al., 2019).

Desta forma, não há como falar em produção de biodiesel no Brasil, independentemente de sua matéria prima de origem, método de fabricação, comercialização, parâmetros de análise, sem que se debruce, aceite e siga o que determinam as resoluções e recomendações vigentes e publicadas pela ANP. Um exemplo para corroborar com esta percepção foi a publicação de resolução nº16 de novembro de 2021. Antes, o percentual de biodiesel acrescido ao diesel previsto para 2021 era de 13%. No entanto, foi recentemente aprovada uma nova resolução reduzindo esse percentual para 10%, sendo este o patamar estabelecido para o ano de 2019 (ANP, 2021).

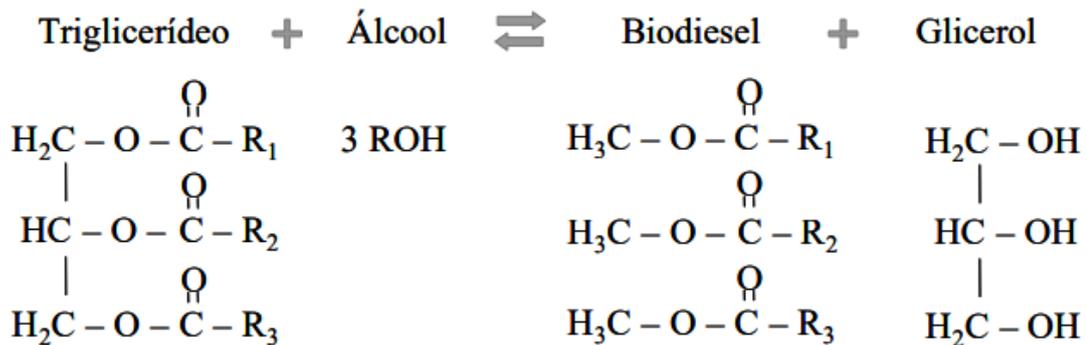
2.2 Produção de biodiesel a partir de óleo residual

Segundo a ABIOVE a produção de biodiesel no Brasil cresceu cerca de 253% nos últimos dez anos, saindo de aproximadamente 2,6 milhões de m³ em 2011 para fechar o ano de 2021 com uma produção de 6,7 milhões de m³. No entanto, a participação do OFR como matéria prima nesta produção, foi de apenas 113,8 mil m³, o que representa apenas 2% de toda a produção. Dentre as principais matérias primas utilizadas na produção de biodiesel estão: o óleo de soja, disparado como o principal insumo, responsável por 72%, seguido de outros materiais graxos com 12%, gorduras animais com 11% e tecnicamente empatados, matérias-primas diversas, óleo de algodão e o nosso OFR com 2%. Desta forma é possível se afirmar que há um vasto campo a ser explorado.

O biodiesel pode ser obtido através de diversos processos: uso de misturas binárias, pirólise, craqueamento, esterificação, microemulsificação e transesterificação, sendo esta última a mais utilizada (KNOTHE, 2006).

A reação de transesterificação, demonstrada na Figura 1, consiste na reação do triglicerídeo, presentes em óleos e gorduras, com um álcool de cadeia simples, que pode ser o etanol ou metanol, em meio a um catalisador (alcóxido, ácido, básico ou enzimático), dando origem ao glicerol (subproduto) e ao biodiesel (mistura de álquil ésteres).

Figura 2 – Reação de transesterificação



R_1 , R_2 e R_3 representam uma mistura de várias cadeias de ácidos graxos.

R geralmente é o metanol ($R=\text{CH}_3$)

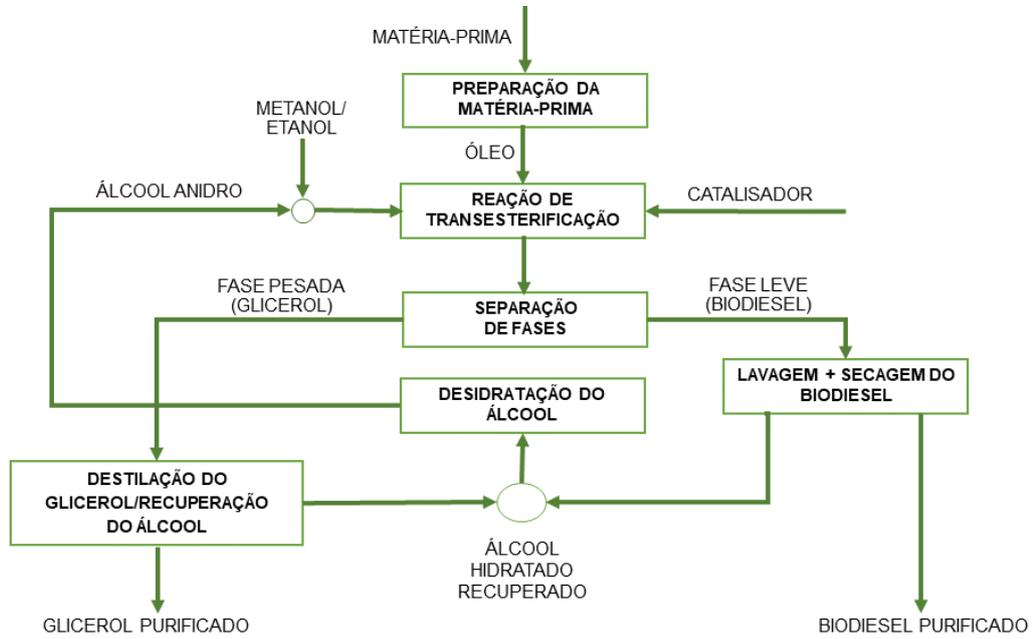
Fonte: Díaz, et al. (2019).

Considerando que o biodiesel é uma mistura de um éster de ácido graxo, mais um álcool (metanol ou etanol) na presença de um catalisador, nas seguintes proporções: 87% de óleo vegetal, 12% de álcool e 1% do catalisador, que através de uma reação de transesterificação do triglicerídeo, obtém-se o seguinte resultado: 86%, biodiesel; 9%, glicerina e 5% álcool (MIRANDA, 2019). Ou seja, percebe-se que praticamente todo o óleo utilizado no início do processo se transforma em biodiesel, além de se ter ainda o subproduto da glicerina, culminando com um processo considerado com um elevado rendimento.

A partir dos percentuais descritos acima, verifica-se que o segundo item mais importante, em termos de quantidade, é o álcool, podendo ser um metanol ou o etanol. Segundo Carneiro (2022), o metanol é o insumo mais utilizado no mundo por se tratar de um álcool de cadeia curta que facilita o processo de transesterificação de OFR. Porém, este chama a atenção que, no Brasil, pelo grande volume de etanol disponível e por consequência um menor custo de aquisição, poderia se optar pela utilização do etanol, como o álcool a ser utilizado na produção do biodiesel.

Então, pode-se traçar o fluxograma do processo de produção do biodiesel, Figura 2, tendo como matéria prima óleos e/ou gorduras ricas em triglicerídeos através da reação de transesterificação.

Figura 3 – Fluxograma de produção do Biodiesel através do processo de Transesterificação



Fonte: Miranda (2019).

Conforme observa-se na Figura 3, após a preparação da matéria-prima, neste caso o OFR, adiciona o álcool (metanol ou etanol) em meio a um catalisador, geralmente ácido, e tem-se a formação do biodiesel (álquil éster) e o subproduto (glicerol).

Ambos são submetidos ao processo de lavagem com dois intuitos: recuperar parte do álcool da reação que será aproveitado em novas reações, uma vez que se trata de um produto caro, e purificar os produtos frutos da reação.

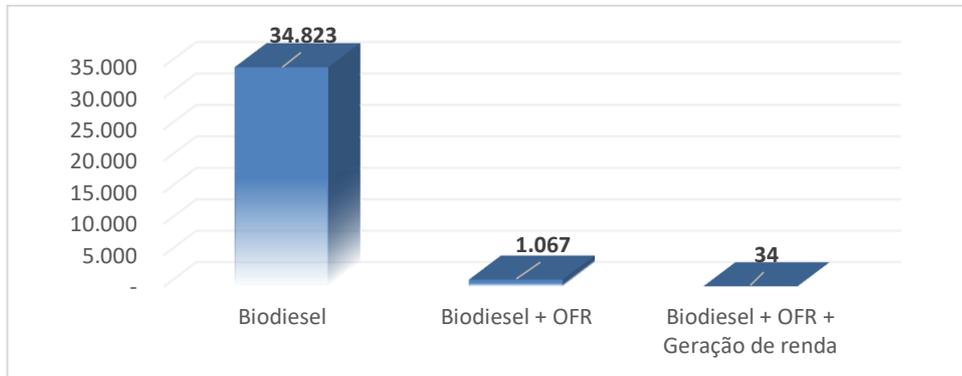
2.3 Estado da arte

O estado da arte é utilizado para descobrir se determinado tema, objeto do que se pretende estudar, já está saturado ou se ainda há campos a serem explorados. Com esta pesquisa não foi diferente. Apesar de ser um tema bastante explorado, “produção de biodiesel a partir de óleo de fritura”, não se sabia se havia sido estudado o impacto dessa produção na geração de emprego e/ou renda.

Assim sendo, este trabalho apresenta as respostas obtidas junto ao portal de pesquisa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. Para tanto, utiliza-se a seguinte estratégia: delimitar a pesquisa a periódicos disponíveis no portal CAPES, do

período de 2017 a 2021 com a palavra “biodiesel”, em seguida com a expressão “biodiesel and frying oil” e por fim, “biodiesel and frying oil and income generation”. Utilizando expressões em inglês para ampliar o campo da pesquisa. Os resultados da pesquisa encontram-se demonstrados na Figura 4.

Figura 4 – Resultados de ocorrências de artigos com as palavras-chave, biodiesel, OFR e geração de renda



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Segundo Cavalcante (2021), os números encontrados já se mostraram vantajosos, caso se insistisse na pesquisa com enfoque na geração de renda, pois os 34 artigos identificados representaram tão somente 3,19% do universo de publicações. No entanto, a autora se aprofundou um pouco mais e descobriu que dos 34 títulos, apenas cinco tratavam de fato da produção de biodiesel a partir do óleo de fritura e o consideravam para fins de comercialização.

Então, adotando-se uma nova estratégia, qual seja, uma nova pesquisa, desta feita com os seguintes parâmetros: uma revisão da produção científica em doze publicações retiradas da base de dados da Web of Science (WoS), datadas entre 2017 e 2021 sob a óptica da viabilidade econômica para entender as dificuldades de se adotar a produção de biodiesel em larga escala tendo como principal insumo o OFR ou WCO.

As publicações selecionadas a partir dos seguintes critérios: TÓPICO = (biodiesel) AND TÓPICO = (WCO); IDIOMA: (inglês) e Período: 2017-2021. Excluindo-se os artigos de revisão pois estes já se propunha a ser ele mesmo uma revisão. Para o primeiro recorte, 394 publicações. Primeiramente, realizou-se uma procura nas palavras chaves por termos que remetesse a questões econômicas.

Então, publicações que contivessem em suas palavras-chaves expressões do tipo: economia circular, custo de vida, sustentabilidade ou derivações, gestão de recursos, avaliação econômica, cadeia de valor ou seja, expressões que relacionasse o artigo à análise econômica do processo. Assim, restaram 67 publicações.

Em seguida foi realizada uma leitura baseada nos títulos dos trabalhos e eventualmente nos resumos, caso os primeiros deixassem alguma dúvida de entendimento. A leitura buscava separar os artigos cuja pesquisa estudasse apenas e tão somente as análises da produção de biodiesel tendo o WCO como único insumo e quais as dificuldades e oportunidades destes, do ponto de vista econômico.

Em outras palavras, temas sobre melhoria de processos ou métodos de conversão seriam desconsiderados. Dessa forma restaram apenas o número de 16 artigos. Ainda durante a leitura, que compreendeu um olhar mais aguçado, percebeu-se que o algoritmo de busca considera as datas de publicação. No entanto, alguns textos correspondiam a pesquisas realizadas em 2015 e 2016. Então, esta pesquisa optou pela retirada de mais quatro artigos.

Assim, restaram doze publicações que foram estudadas e analisadas, onde, se buscou por características comuns, oportunidades e dificuldades na implantação de produção de biodiesel a partir de WCO de forma a ser economicamente viável, culminando com a síntese das lacunas a serem preenchidas.

O Quadro 3 apresenta o resumo da compilação realizada nos doze artigos mencionados no parágrafo anterior.

Quadro 3 – Resumo do estado da arte no segundo momento

Artigo	Ano Publicação	Local (País)	Palavras-chave
1	2017	Colômbia	biomass, biodiesel, MILP, sustainable development
2	2019	Taiwan	waste cooking oil; recycling; biodiesel; non-fuel use; regulatory promotion; circular economy
3	2019	China	waste cooking oil (WCO), biodiesel, economic incentive - Stackelberg game simulation
4	2020	Itália	collection; misinformation; survey; waste management; WCO
5	2020	Malásia	net energy, pilot plant scale, biodiesel, waste cooking oil, economic assessment
6	2021	China	waste cooking oil, biodiesel, life cycle assessment (LCA), life cycle cost (LCC)
7	2017	China	waste cooking oil (WCO), tripartite game model, catering network, numerical simulation, circular economy
8	2021	-	biodiesel, waste cooking oil, bibliometric analysis, renewable energy, sustainability
9	2021	China	wco, biodiesel, supply chain, sustainable development, NSGAI heuristic algorithm
10	2021	China	wco, biodiesel, stochastic programming model, supply chain, sustainable development
11	2020	China	game theory, information asymmetry, subsidy mode, waste cooking oil
12	2017	Índia	biodiesel, cost estimate, economic analysis, glycerol, waste cooking oil

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Nota: Títulos dos artigos

1. Waste cooking oil logistics and environmental assessment for biodiesel production in Cali
2. Mandatory Recycling of Waste Cooking Oil from Residential and Commercial Sectors in Taiwan-
3. Who is the most effective stakeholder to incent in the waste cooking oil supply chain? A case study of Beijing, China
4. Evolution of Waste Cooking Oil Collection in an Area with Long-Standing Waste Management Problems
5. Net energy and techno-economic assessment of biodiesel production from waste cooking oil using a semi-industrial plant: A Malaysia perspective
6. Converting waste cooking oil to biodiesel in China: Environmental impacts and economic feasibility
7. The willingness of submitting waste cooking oil (WCO) to biofuel companies in China: An evolutionary analysis in catering networks
8. Sustainability and challenges in biodiesel production from waste cooking oil: An advanced bibliometric analysis
9. Multiobjective Optimization of Sustainable WCO for Biodiesel Supply Chain Network Design
10. Stochastic Programming of Sustainable Waste Cooking Oil for Biodiesel Supply Chain under Uncertainty
11. Implications of government subsidies for waste cooking oil considering asymmetric information
12. Economic analysis of biodiesel production from waste cooking oil

2.3.1 *Experiências internacionais*

De posse dos doze artigos restantes para análise percebe-se a estratégia do olhar local uma vez que os custos de produção podem ser muito diferentes a depender das políticas econômicas adotadas. Assim sendo, temos seis de um único país, outros cinco, cada um se referindo a um país diferente e apenas um, que não se reportava a nenhum caso especificamente por se tratar de uma pesquisa bibliométrica.

Porém o que chamou a atenção foi o fato dos seis artigos, correspondente a 50% do universo analisado, que se tratava de pesquisas dentro da China, o que revela uma preocupação do país com o chamado pilar econômico. Possivelmente a explicação esteja no fato de que a China possui normas regulamentadoras e leis sobre a aceleração da economia circular desde 2005 (YANG; SHAN, 2021).

O país conta com políticas favoráveis de incentivo à produção e utilização de biocombustíveis que elevaram a produção de biodiesel em 2006 de 2,33 milhões de toneladas para 9,66 milhões em 2014. Apesar disso, segundo Zhao et al. (2021), o país não possui mecanismo explícito de subsídios para a produção e consumos de biodiesel.

No caso específico do descarte adequado dos resíduos de cozinha (OFR) as normas datam de 2011 e o maior obstáculo ao desenvolvimento do biodiesel a base de óleo residual é a baixa taxa de coleta. Essa escassez é provocada principalmente, pela grande quantidade de óleo gerado nos restaurantes que são destinados a uma cadeia ilegal de fornecimento de OFR para alimentação de porcos (LIU et al., 2019).

De acordo com Geng, Nana e Sun (2021), a política de desenvolvimento da indústria de biodiesel, defendida pelo governo chinês, data de 2015. Os resíduos de cozinha deverão se transformar na principal matéria-prima da produção do biodiesel.

Além disso, a diminuição dos resíduos de cozinha não coletados é considerado um objetivo social do ponto de vista da saúde pública uma vez que estes podem se transformar em óleos de calha e assim terem o seu retorno às cozinhas da população mais pobre (ZHANG; JIANG, 2016).

Zhang e Jiang (2016), destacaram que antes do projeto WCO para biodiesel, em algumas províncias da China, principalmente, Suzhou, uma parte do óleo residual coletado era destinado a fins “não combustível”, o que eles chamaram de óleos de calha.

Dessa forma, diversos autores apontam que o governo chinês deve investir para além de regulações e normas, principalmente em subsídios econômicos. Incentivos econômicos que estimulem a participação do consumidor (YACOB; KABIR; RADAM, 2015), como também,

incentivos aos restaurantes, defendido por Liu et al. (2019) que encontraram um aumento em 47% do OFR destinado a produção de biodiesel caso o preço do OFR chegasse a 4.000 yuan/ton, além das fiscalizações obrigatórias.

No Iêmen, foram feitos estudos de viabilidade técnica e econômica da produção de biodiesel a partir do OFR, para duas escalas: a primeira com capacidade de produção de 2.000 L/dia e a segunda entre 500 e 600 L/dia. Os resultados foram satisfatórios em ambos os casos, sendo o tempo retorno de investimentos o principal fator a impactar, 4,3 anos para o primeiro e 17,5 anos para a segunda opção. Destaque-se que na segunda escala utilizada os custos de capital foram reduzidos em detrimento do aumento da utilização da mão de obra, proporcionando a geração de mais empregos na região (AL-ATTAB et al., 2016).

Já a experiência de Cali na Colômbia teve que sofrer algumas adaptações uma vez que a demanda de WCO ficou abaixo da necessidade da planta instalada, ou seja, a oferta de WCO coletado era da ordem de 32 galões/dia enquanto a capacidade da biorrefinaria era de 1.100 galões/dia. Como estratégia de melhoria ampliaram-se os pontos de coleta do OFR, mesmo que isso representasse um aumento no custo de coleta do óleo.

Após as adaptações ao modelo proposto, ampliando os pontos de coleta, chegou-se à viabilidade econômica da produção na cidade de Cali desde que seja atrelada a estratégias sociais que busquem aumentar a oferta do OFR objetivando o aumento da eficiência do sistema (BENAVIDES; MORENO, 2018).

O que aconteceu em Cali também foi relatado em outras produções de diferentes países, a ponto de boa parte dos pesquisadores apontarem a escassez da matéria-prima, OFR, como sendo um dos principais gargalos a ser combatido quando da opção em se produzir biodiesel (LIU, 2019; DEFEO, 2020; ZHAO, 2021).

Em contrapartida, no intuito de combater a escassez mencionada anteriormente, um bom número de pesquisadores não só destacam a aplicação de subsídios como uma alternativa eficaz para o aumento da disponibilidade do OFR.

Como apresentam uma série de estudos tratando justamente da eficácia desses subterfúgios como alternativa de alavancagem da produção de biodiesel a partir do OFR, os quais destaca-se:

Na Índia se provou a eficácia e recomendou a instalação de uma usina de biodiesel em larga escala, onde se destacava como impacto positivo a geração de novos empregos em comunidades carentes. Todavia, o trabalho apontava como principal entrave o nível de subsídio fornecido pelo governo daquele país (AVINASH; MURUGESAN, 2017).

Segundo Ahmad Farid et al. (2020), na Malásia, o enfoque da pesquisa foi a viabilidade de produção de biodiesel a partir do OFR e os resultados obtidos se mostraram bastante satisfatórios uma vez que estes servem de base a tomadas de decisão.

Graças aos incentivos a utilização do OFR esse mercado é muito promissor na Malásia e da pesquisa citada destacamos os seguintes pontos principais: a pureza do biodiesel produzido foi da ordem de 96,9%, superando a expectativa da EN14214; a rentabilidade do sistema foi comprovado com uma taxa de retorno de 60% e um crescimento projetado de 10 anos e a ainda uma análise de sensibilidade ao preço do OFR e da capacidade da planta de 5% e 50%, respectivamente (AHMED FARID et al., 2020).

A partir da experiência de Taiwan destaca-se a constatação do potencial produtivo do OFR como um insumo subutilizado, no entanto, alerta para a necessidade de pré-tratamento para retirada de impurezas residuais e que se leve em conta esses custos. A pesquisa conclui ainda da viabilidade econômica da reutilização do OFR como matéria prima a fontes de energia, para zerar as metas de resíduos urbanos, mas principalmente, gerar uma economia circular (TSAI, 2019).

O estudo realizado na Itália, tem-se a investigação dos motivos para a baixa recuperação do OFR numa região localizada ao sul daquele país que apresentava sérios problemas na gestão de resíduos (DE FEO et al., 2020).

Com relação ao aprendizado obtido da análise do referido estudo, ressaltam-se:

- escassez de OFR ocasionado pelo desinteresse da população, pois apesar de 70% dos entrevistados reconhecerem que tinham conhecimento da coleta de óleo em sua cidade, apenas 50% declararam realizar o armazenamento e destinação correta do mesmo;
- desinformação sobre o programa de coleta;
- interrupção do sistema de coleta ocasionado pela mudança da gestão municipal prejudicou a eficiência do sistema, e;
- por fim, os autores, assim como já foi defendido por outros, sugere o pagamento de uma espécie de subsídio, além de campanhas educativas para aprimorar a taxa de recolhimento do OFR (DE FEO et al., 2020).

2.3.2 Experiências no Brasil

No Brasil, os estudos e projetos que analisam a produção de biodiesel a partir do OFR remontam de muito tempo.

Christoff (2006) já havia atestado a viabilidade econômica, apesar de pouco rentável, da implantação de uma miniusina de biodiesel a partir do OFR na cidade de Guaratuba/PR. E

destacou a importância desse tipo de investimento para o município, principalmente pelos ganhos ambientais intangíveis.

Cavalcante Filho, Buainain e Cunha (2021), a mistura obrigatória de biodiesel ao óleo mineral, atualmente em 10%, está associada a expansão da cadeia produtiva do biodiesel tendo sido responsável pela geração de 193 mil empregos e um impacto na economia brasileira de R\$ 10,3 bilhões no período de 2011 a 2018.

Em Guabiroba (2009) já se constatava a existência de diversos programas de coleta do OFR espalhados pelo país, cujos fornecedores poderiam ser desde grandes, quanto pequenos geradores, pois se utilizavam de pontos de coleta.

Percebeu-se a viabilidade de incentivo a criação de cooperativas de coleta, responsáveis pelo recolhimento e pré-tratamento do OFR que possibilitaram a geração de renda para famílias carentes, pois elas revendiam o OFR a empresas que dependiam desse tipo de insumo (GUABIROBA, 2009).

Além da geração de novos empregos, principalmente nas áreas dos chamados atores sociais (catadores, coletores, recicladores, entre outros), que por si só é um ponto forte desse tipo de projeto, tem-se os ganhos ambientais, econômicos e sociais por se tratar de diferentes etapas de produção, desde o acondicionamento, coleta, armazenamento até o transporte (LAGO; ROCHA JÚNIOR, 2017).

Uma característica identificada durante a pesquisa bibliográfica é que os estudos se concentraram, em sua maioria, em municípios com elevado número de habitantes, tais como: Cascavel/PR e Rio de Janeiro/RJ ambos em 2017, São Paulo/SP, em 2018 e Maceió/AL em 2019.

Em contraponto a essa escolha, técnicos da Rede Brasileira de Produção e Uso de Biodiesel – RBTB e do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações – MCTI, desde 2017 previam a necessidade de diversificação de matérias-primas como forma de descentralizar a produção de biodiesel do país a fim de expandir esse tipo de cadeia produtiva para regiões mais carentes (RAMOS et al., 2017).

Apesar das dificuldades enfrentadas pela escassez de matéria prima quando se trata do OFR, conforme destacado por diversos autores, há de se ponderar que a adoção de políticas de incentivos ou campanhas educativas surtem efeitos positivos que culminam com a viabilidade econômica de um programa de coleta, armazenamento e transporte do OFR e posterior comercialização como insumo a produção de biodiesel.

Utilizar-se de pontos de coleta em escolas, estas poderão fazer disso uma renda e reverter os recursos arrecados em melhorias para o ambiente escolar (LAGO; ROCHA JÚNIOR, 2017).

Quanto ao aspecto financeiro o artigo identifica o negócio como viável e ainda destaca o aspecto social, pois incentiva a formação de cooperativas, assim como, no campo ambiental, pois culmina com a destinação correta do OFR (GUABIROBA et al., 2017).

Em Rossi et al. (2018) a certeza da rentabilidade do processo de obtenção do biodiesel a partir da síntese do OFR também é percebida. Em contraponto, Fin et al. (2018), atenta que para além da viabilidade técnica/econômica há de se promover políticas públicas de incentivo ao gerenciamento de resíduos e seu reaproveitamento como forma de fomentar a cadeia produtiva do biodiesel.

Outro mercado analisado pelos estudiosos brasileiros foi o da glicerina, nome comercial do glicerol, um subproduto gerado junto com o biodiesel quando da reação de transesterificação do OFR.

A variedade de uso do glicerol sendo matéria-prima para a fabricação de intermediários químicos ou produtos de diferentes segmentos industriais, tais como: alimentos, polímeros, produção de hidrogênio, entre outros, permite o também aproveitamento deste subproduto potencializando os benefícios de se produzir o biodiesel a partir do OFR (MONTEIRO et al., 2018).

Devido ao aumento da produção de biodiesel era de se esperar o aumento da quantidade de glicerina. Esse aumento na produção de fato se confirma e vem sendo direcionada, em sua maioria, para a exportação, principalmente para a China (CÉSAR; PINHEIRO; BATALHA, 2010).

Segundo a Biodieselbr (2022), o volume de glicerina exportado saiu de 475,6 mil toneladas em 2020 para 486,7 mil toneladas em 2021. Desses, 60% foram destinados à China.

Portanto, os dados apresentados mais do que comprovam o mercado promissor de um subproduto obtido através da produção de biodiesel que se torna mais um ponto para agregar valor nesta busca pela geração de renda.

3 METODOLOGIA

Para este capítulo adota-se a apresentação em cinco etapas:

1ª etapa: Delimitação da área de estudo.

2ª etapa: Pesquisa de campo: Levantamento de campo junto à população em geral, bem como no setor de serviço da cidade de Quixadá/CE, visando estimar o quantitativo de óleo de fritura residual descartado, o potencial de recolhimento desses agentes e o potencial de produção de biodiesel.

3ª etapa: Pesquisa laboratorial 1: Análise da qualidade do óleo de fritura residual recolhido em campo, visando a produção de biodiesel e com base nos parâmetros determinados pela ANP.

4ª etapa: Pesquisa laboratorial 2: Produção de biodiesel, em escala laboratorial, utilizando o óleo de fritura residual recolhido em campo.

5ª etapa: Estudo de viabilidade econômica: Perspectivas social e econômica de utilização do óleo de descarte da fritura na produção de biodiesel na região de estudo, com base em estudos bibliográficos consolidados.

3.1 Delimitação da área de estudo

A área em estudo é o município de Quixadá, Figura 4, principal representante da região denominada de Sertão Central, no estado do Ceará, sendo este pertencente ao Nordeste brasileiro. Segundo projeções do último censo, Quixadá é uma legítima representante dos chamados municípios de médio porte, sendo uma cidade de 88.899 habitantes, desses, cerca de 54.641 são residentes de área urbana (IBGE, 2021).

O território de Quixadá é famoso por suas formações rochosas, tecnicamente denominados de **incelbergs**. Os incelbergs também são chamados de Monólitos, um nome indígena que significa **uma só rocha**.

Tal denominação deriva do fato de que o município de Quixadá está assentado sob uma rocha de aproximadamente 150.000 km² se estendendo a Quixeramobim, inclusive. Tais formações são propícias às atividades de turismo de aventura, principalmente voos, balonismo, escalada, entre outros. Seu monumento mais famoso é uma formação em formato de uma galinha, daí o apelido de “Terra da Galinha Choca”. Porém, o município de Quixadá é mais conhecido pela alcunha de “Terra dos Monólitos” e possui uma extensão de 2.020,586 km².

Apesar de apresentar um IDHM médio, dá ordem de 0,659. A cidade possui uma baixa taxa de ocupação formal, 9,7% (IBGE, 2020), ou seja, 90,3% da população de Quixadá vive na informalidade ou está desempregada.

Figura 5 – Apresentando o município de Quixadá/CE



Fonte: IBGE-cidades (2021).

Para o cálculo do tamanho da amostra da população residente a ser pesquisada considerou-se a Equação 1:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

n - tamanho da amostra procurada;

N - tamanho da população;

Z – variável normal crítica padronizada associada ao nível de confiança;

p – probabilidade verdadeira de ocorrência do evento;

e – erro amostral.

Considerando os dados inerentes a pesquisa, quais sejam:

N - 54.641 habitantes (população urbana do município de Quixadá/CE);

Z – 1,645 valor considerado para um nível de confiança de 90%;

p – 50% ou 0,5 adotado por convenção uma vez que não se sabe a probabilidade verdadeira de ocorrência do evento;

e – 0,1 determinado também a partir do nível de confiança de 90%

Inserindo todos os dados na Equação 1, tem-se o seguinte valor de n:

$$n = \frac{54.641 \times 1,645^2 \times 0,5 \times (1 - 0,5)}{(54.641 - 1) \times 0,1^2 + 1,645^2 \times 0,5 \times (1 - 0,5)}$$

$$n = 67,57$$

Assim, o número mínimo de habitantes entrevistados que satisfaz as condições estabelecidas é de 68 habitantes.

3.2 Potencial produtivo de OFR

Uma das questões importantes a serem levantadas nesta pesquisa é o volume de OFR produzido pelo município de Quixadá. Para tanto, identificou-se dois grandes grupos: a população, quando da produção de seus alimentos com a utilização de óleo para fritar e nos estabelecimentos de comercialização de comidas prontas, onde também se utilizam do óleo de fritura, tais como bares, restaurantes, lanchonetes, padarias, fornecedores de salgados, entre outros.

Então, optou-se pela elaboração de dois questionários específicos para cada um desses grupos objetivando a estimativa do volume de OFR produzido no município de Quixadá/CE. Além de responder aos questionários foi solicitado também uma amostra do OFR de cada um dos grupos. As amostras de óleo coletado junto aos dois grupos foram analisadas e processadas em separado, ou seja, para cada grupo foram feitas análises da qualidade do material na sua concepção inicial, óleo de fritura residual, e após a sua conversão, em biodiesel. Tal procedimento se justifica para direcionar políticas de incentivo, recolhimento e transporte do OFR e do biodiesel produzido.

3.2.1 *Questionário à população residente*

Para atingir a população de Quixadá, optou-se por aplicar o questionário junto à comunidade estudantil da cidade. Por estratégia, escolheu-se os estudantes do nono ano do ensino fundamental II, de todas as séries do ensino médio e ainda estudantes dos cursos superiores. Orientou-se que o preenchimento do formulário deveria ser realizado individualmente, caso de maior, ou conjuntamente com seus pais e/ou responsáveis.

Identificadas as escolas da cidade que se enquadravam no perfil escolhido, apresentou-se o projeto aos estudantes e lhes foi solicitado que respondessem ao questionário e realizassem a coleta, o armazenamento e a doação de uma amostra do OFR gerado em suas residências.

No Quadro 4 tem-se a relação das escolas visitadas e cujos estudantes foram apresentados a pesquisa e convidados a participar através do preenchimento do questionário disponibilizado.

Quadro 4 – Lista de Instituições de Ensino Pesquisadas

EEM Gov. Luiz Gonzaga da Fonseca Mota
EEM José Martins Rodrigues
EEMTI Cel. Virgílio Távora
EEMTI Gov. César Cals de Oliveira Filho
EEF José Linhares da Páscoa
EEF José Jucá
EEF Raimundo Marques de Almeida
EEF Rosa Baquit
EEF Francisca Pereira das Virgens
EEF José Jean da Silva Pereira
EEF Nemésio Bezerra
EEF Benigno Bezerra
EEF Raquel de Queiroz
Colégio Amadeu Cláudio Damasceno
Escola Adventista Arlete Afonso
Universidade Católica - Unicatólica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, campus Quixadá
Universidade Federal do Ceará - UFC, campus Quixadá

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

O óleo doado deve ser coletado pelo período de 15 dias ou até o preenchimento completo de uma garrafa PET com capacidade para 500 mL de volume.

Os questionários a população estão disponibilizados de forma eletrônica através do seguinte endereço:

<https://docs.google.com/forms/d/1PTENj3fRUJ8U0eQ8vXPQHnyxTd2ndZPoV4pGXRnuuP8>. Para aqueles que apresentaram dificuldades em preencher o formulário eletrônico por problemas de conectividade, disponibilizou-se formulários impressos.

O período de coleta de dados junto à população estudantil foi de maio a agosto de 2022, sendo que o recolhimento do OFR foi agendado e acordado com cada instituição de ensino.

Quando da análise dos resultados, calculou-se, com base nos percentuais de respostas, a quantidade mensal média estimada do óleo de fritura residual produzido pela população quixadaense, bem como a quantidade mínima requerida pelo processo para tornar o empreendimento rentável.

Esta pesquisa coletou ainda a percepção da população quanto a sua responsabilidade ambiental, econômica e social, quando do descarte correto do OFR, bem como o nível de engajamento dessa quanto a sua participação no processo, caso fosse convidada a tal.

3.2.2 Questionário ao setor de serviços do ramo de alimentação

Da mesma forma, para se atingir os estabelecimentos comerciais do ramo de alimentação também foi pensado numa estratégia de abordagem.

Primeiramente, consultou-se a Prefeitura Municipal de Quixadá, através da Secretaria Municipal de Tributação se havia registros do número de estabelecimentos comerciais de alimentação na cidade.

Após uma espera de dez meses sem obter nenhuma resposta do referido órgão, decidiu-se por utilizar a ferramenta de busca do google mapas com adoção dos seguintes filtros: bares, restaurantes, lanchonetes, supermercados, pastelarias, sanduicherias, fornecedores de salgados, padarias e pizzarias.

A partir desta pesquisa elaborou-se uma planilha com todos os estabelecimentos encontrados com dados como nome do estabelecimento, endereço e telefone para contato. De posse desses dados realizaram-se visitas a cada um dos estabelecimentos e se estabeleceu uma conversa amigável expondo a pesquisa e seus objetivos junto aos proprietários ou gerentes, convidando-os a participar.

Para a participação do setor de serviços do ramo de alimentação também foi disponibilizado um formulário eletrônico e para aqueles que desejassem, foi entregue uma versão impressa. A versão eletrônica pode ser acessada através do seguinte link: https://docs.google.com/forms/d/1ZI3MIZPnBH8i9uRJrgwIBqG9yxelZIAe7_hfu99pLIY.

As visitas aos estabelecimentos comerciais foram realizadas durante os meses de agosto e setembro de 2022.

E mais uma vez, a despeito do que acontecera com os questionários à população, foram analisadas os percentuais das respostas a fim de se chegar ao volume estimado de OFR produzido por esse nicho de mercado. Destaque-se ainda, que este grupo também respondeu

questões de percepção de responsabilidade ambiental, social e econômica, além de aferir seu engajamento quanto a participação no recolhimento e disponibilidade do óleo gerado.

3.2.3 Potencial de OFR a partir do volume de vendas dos atacadistas

Previendo-se dificuldades em se obter respostas concisas do setor alimentício do município analisado buscou-se a alternativa de estimar o volume de OFR, deste ramo, a partir do volume de vendas do setor atacadista. Para tanto, utiliza-se o seguinte critério: apurar o volume de vendas dos produtos, óleo vegetal e/ou margarina vegetal, independente das marcas, que foram comercializados somente para empresas que estejam regularizadas junto ao Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas (CNPJ), durante um determinado período.

A partir do volume de vendas, aplicando-se a proporção citada por Teixeira (2018) que diz que para cada tonelada de óleo vegetal adquirido se produz 320 kg de OFR calcula-se o potencial de OFR produzido por esse setor especificamente.

3.3 Produção de biodiesel em laboratório

Nesta seção determina-se os procedimentos e análises a serem realizados tanto para o óleo de fritura coletado em cada um dos grupos, quanto para aqueles a serem realizados após a síntese do óleo, ou seja, no próprio biodiesel produzido.

3.3.1 Procedimentos e análises do óleo de fritura coletado

Nas amostras de OFR coletadas nos diferentes grupos realizam-se os ensaios de índice de acidez. Todos os ensaios são realizados em laboratórios de instituições públicas de nível superior, sendo os seus resultados analisados e referendados por profissionais técnicos especializados cujos custos serão contabilizados na seção própria. O índice de acidez foi realizado no laboratório de processos químicos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, campus de Quixadá.

Devido a utilização e reutilização do óleo, inclusive mais de uma vez, na fritura de alimentos, é comum que parte da comida fique retida no próprio óleo, apresentando assim um certo volume de impurezas do tipo material particulado. (ARAÚJO, 2008). Como esse volume é bastante elevado neste tipo de insumo e sua presença dificulta a realização de determinadas reações químicas, como primeira ação faz-se necessária uma filtragem simples do tipo filtração a vácuo.

Vencida a primeira etapa, o material pode ainda conter impurezas, desta feita, impurezas líquidas, um certo percentual de água, por exemplo. Então, pode-se fazer o processo de esterificação que consiste na reação de ácidos graxos livres com um álcool em excesso na presença de catalisador. Segundo Knothe et al. (2006), um elevado índice de acidez em meio a ambiente alcalino pode levar a um processo, denominado de saponificação, atrapalhando a separação e provocando perdas na produção. Dessa forma, a etapa de esterificação só será realizada caso o índice de acidez seja superior 0,5% m/m.

Após a análise dos dados fornecidos pelo laboratório, índice de acidez, as amostras de óleo residual, coletadas, seguiram para a produção de biodiesel propriamente dita.

3.3.2 *Produção de biodiesel*

A produção de biodiesel consiste na síntese do óleo produzido a partir da reação de transesterificação em meio alcalino, capaz de produzir um biocombustível derivado do óleo de fritura residual proveniente de amostras coletadas junto à população, bem como do setor do comércio de alimentação da cidade de Quixadá/CE, tendo sido produzidos dois tipos de produtos, a depender de cada fonte.

Quadro 5 – Lista de equipamento, reagentes e vidrarias utilizados

Equipamento/Vidraria/ Reagente	Quantidade	Unidade
Balança analítica	1	Und
Béquer 2000 mL	1	Und
Proveta 100 mL	3	Und
Agitador magnético com aquecimento	1	Und
Termômetro	1	Und
Erlenmeyer de 250 mL	1	Und
Funil de decantação de 250 mL	1	Und
Álcool metílico	20	mL
Hidróxido de sódio	0,5	g
Solução de HCl 5% m/m	50	mL
Solução de NaCl 0,1 mol/L	50	mL
Água destilada	50	mL

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Para a reação utiliza-se os equipamentos listados no Quadro 5 e a reação acontece com a adição de metanol em excesso que ao reagir com o hidróxido de sódio, produz um alcóxido chamado de metóxido de sódio, e este último ao reagir com óleo sob temperatura indicada, produzirá um novo éster e um novo álcool, conhecido como **alquil éster ou biodiesel**, além de um subproduto, chamado de glicerol ou comercialmente falando, glicerina.

A produção é feita de forma triplicata com o objetivo de reduzirmos os erros. Durante a produção utiliza-se um banho maria, onde adiciona-se água corrente da torneira ao béquer de 2000 mL, com ajuda de um termômetro, confere-se a temperatura da água até atingir 70° C e mantém. Em seguida, pesa-se em um erlenmeyer de 250 mL, 50 gramas do OFR doméstico e leva ao banho maria, onde permanece por até 10 minutos ou até atingir a temperatura da água, conforme Figura 6.

Figura 6 – OFR Aquecido a 70° acrescido de metanol, NaOH e fenofaleina



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Concomitante, prepara-se a solução do metóxido de sódio, onde se mede com o auxílio de uma proveta o volume de 20 mL de álcool metílico e pesa-se novamente 0,5 g de NaOH, ao adicionar o NaOH no metanol, faz-se necessário a dissolução, visto que o NaOH é bastante resistente em se tornar solubilizado em metanol. Após a dissolução, adiciona-se ao erlenmeyer com o óleo, uma pastilha ou peixinho, logo em seguida adiciona-se o metóxido de sódio e inicia-se a agitação, conforme Figura 7.

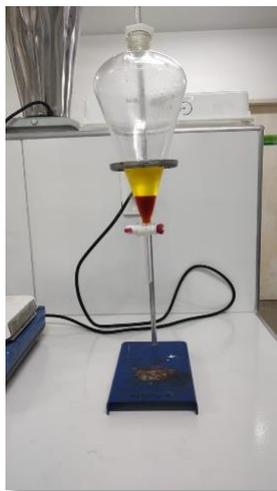
Figura 7 – Biodiesel produzido



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Espera-se a reação acontecer por cerca de 30 a 45 minutos, após esse período, transfere-se o biodiesel com a glicerina para uma proveta de 100 mL para medir o volume e em seguida transporta a um funil de decantação, onde esses passam pelo menos 2 horas decantando a fim de conferir um melhor resultado da separação, conforme Figura 8.

Figura 8 – Biodiesel + Glicerol em decantação



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Após a decantação, o glicerol é separado do biodiesel, para iniciar a purificação do biodiesel, Figura 8. O primeiro processo realizado é a neutralização do catalisador e sabão presente com o ácido clorídrico em solução de 5%. Ao adicionar 50 mL dessa solução no funil, são realizados movimentos de inclinação, com o intuito de remover a pressão ocasionada por

algum gás, com a saída do funil apontada para cima. Em seguida, espera-se decantar por 5 minutos e remove-se o residual formado na parte inferior do funil.

O mesmo processo acontece com os 50 mL de solução de cloreto de sódio 0,1 M, e depois com os 50 mL de água destilada. Todo esse procedimento foi realizado da mesma forma para a produção do biodiesel com OFR oriundos de fornecedores representantes da parte de empresas do ramo de alimentação da cidade de Quixadá/CE.

Figura 9 – Biodiesel puro após lavagens



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

3.3.3 Procedimentos e análises do biodiesel produzido

Tal qual o óleo residual de ambas as fontes, realiza-se no biodiesel produzido os ensaios de índice de acidez, acrescidos dos índices de massa específica a 20° C e viscosidade a 40° C.

O ensaio do índice de acidez foi realizado pelo no laboratório de processos químicos do IFCE, campus de Quixadá. Os demais ensaios foram realizados pelo laboratório de combustíveis e lubrificantes da Universidade Federal do Ceará – UFC, campus de Fortaleza. Todos os ensaios foram realizados por profissionais técnicos capacitados emitindo relatório próprio.

De posse dos resultados dos ensaios realizados com o material produzido, é realizada a comparação com os parâmetros definidos pela ANP a fim de se atestar a qualidade do produto encontrado e por consequência a possibilidade de sua comercialização.

3.4 Avaliação de investimento de projeto

Orçamentação é a capacidade de se prever gastos futuros e de planejar o desembolso necessário. Para fins de investimento não é diferente, faz-se necessário uma estimativa de a partir do investimento realizado em quanto tempo se daria o retorno e qual a rentabilidade do mesmo. Estas são apenas algumas das questões levantadas por qualquer investidor.

Segundo Samanez (2007), o valor de um projeto é baseado em sua capacidade de gerar fluxos de caixa futuros. E, para analisar a viabilidade econômica de um projeto, bem como sua rentabilidade existem algumas metodologias. Para esse trabalho optou-se pela análise de cinco desses métodos: valor presente líquido – VPL, taxa de retorno interno – TIR, *payback* descontado, o índice de lucratividade e a análise de sensibilidade.

Após a estimativa do OFR disponibilizado pelo município de Quixadá/CE, encontrado através do tratamento estatísticos dos dados obtidos a partir dos questionários aplicados, parte-se para a estimativa dos custos de investimento, produção e manutenção levando-se em consideração duas possibilidades: alternativas 1 e 2.

Alternativa 1: onde se considera a comercialização do OFR em seu estado bruto, ou seja, no estado como é coletado e em seguida tem-se as etapas de armazenamento, levantamento dos custos de operação, venda do produto e análise da renda auferida.

Todas as etapas contempladas estão representadas na Figura 10 e são realizadas com ou sem pré-tratamento do OFR.

Figura 10 – Cenário1

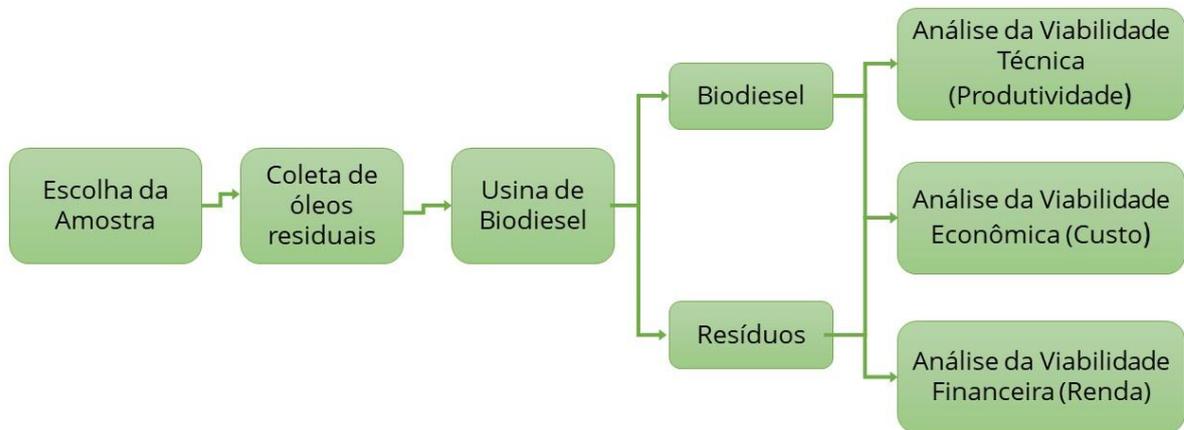


Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Alternativa 2: tem-se a produção de biodiesel e para tanto deve-se levar em consideração a escolha das amostras (fonte comercial e residencial), a coleta dos resíduos, a produção do biodiesel e separação deste do subproduto, o glicerol e calcula-se os rendimentos.

A seguir faz-se o levantamento de custos da produção de ambos os produtos, as análises da renda auferida e por fim o cálculo dos índices de análise econômica, conforme Figura 11.

Figura 11 – Cenário 2



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Por fim, de posse de todos os custos necessários citados, calcula-se os índices de análise de viabilidade de projeto: VPL, TIR, *Payback* descontado, lucratividade e sensibilidade.

Todos os cálculos citados no parágrafo anterior são realizados utilizando-se o software Microsoft Excel, versão Office 360 (2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo buscou-se apresentar os resultados obtidos através dos questionários aplicados tanto à população residente quanto aos destinados ao setor produtivo do ramo de alimentação, em seguida passou-se ao levantamento estimado dos custos de produção e operação e por fim, calculou-se os parâmetros econômicos de análise de viabilidade de projeto.

4.1 Respostas da população aos questionários aplicados

Primeiramente, obteve-se um retorno de 111 questionários que correspondem a uma amostra da população de 458 habitantes, sendo que a maior parte se encontra na faixa de renda entre um e dois salários-mínimos com 54,1% da amostra, seguido de 19,9% que afirmaram possuir renda de até um salário-mínimo e 15,3% que se situam entre dois e três salários.

Em seguida buscou-se levantar a média de óleo para fritura adquirido pela população de Quixadá e os resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Volume de óleo mensal adquirido pela população de Quixadá

Faixa da quantidade de óleo adquirido (L/mês)	Quantidade de questionários respondidos/faixa (und)	Quantidade de óleo adquirido/faixa (L)	Quantidade total de pessoas em cada faixa (pessoas)
1	27	27	86
2	30	60	124
3	23	69	106
> 3	13	52 ²	66
Não sei	18	-	76
Total	111	208	382 ³
Volume médio adquirido por pessoa mensalmente			0,544 L/pessoa

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Segundo o IBGE (2021) a população urbana de Quixadá/CE é de aproximadamente 54.641 habitantes. Logo, o volume de óleo comercializado, pela população, no município em questão é de aproximadamente de 28.724 L/mês.

Perguntou-se qual parte deste óleo adquirido era utilizado para fritura de alimentos e os resultados encontram-se demonstrados na Tabela 3.

² Para este cálculo considera-se 4 L.

³ Do cálculo da média desconsiderou-se as 76 pessoas que não souberam responder

Tabela 3 – Volume de OFR/pessoa x mês

Faixa da quantidade de OFR (L/mês)	Quantidade de questionários respondidos/faixa (und)	Quantidade de OFR/faixa (L)	Quantidade total de pessoas em cada faixa (pessoas)
1<	57	28,5	272
1	17	17	64
Até 2	12	18	71
Até 3	3	7,5	22
> 3	3	12	19
Não sei	19	-	82
Total	111	83,0	376 ⁴
Volume médio de OFR produzido por pessoa mensalmente			0,221 L/pessoa

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A pesquisa coletou ainda que a população reutiliza o óleo de fritura em média 1,8 vezes, ou seja, dos 0,221 L/pessoa x mês, deve ser considerado apenas 0,123 L/pessoa x mês devido a reutilização do óleo. Levando para a população estudada, tem-se que a população de Quixadá gera, em média, cerca de 6.721 L de óleo de fritura residual por mês.

Segundo Teixeira *et al.* (2018) a relação entre o óleo adquirido e a parte que se transforma em OFR é da ordem de 32%. Nesta pesquisa encontrou-se uma relação entre o OFR gerado, de 0,123 L/pessoa x mês e a quantidade de óleo adquirido, 0,544 L/pessoa x mês da ordem de 23%. Já Ferrão (2018) em pesquisa semelhante na cidade de Ubá/MG encontrou uma relação de aproximadamente 57,49%.

A relação OFR/óleo adquirido, encontrada em Quixadá está mais próxima daquela apontada por Teixeira (2018), do que a que foi encontrada por Ferrão (2018).

A seguir tem-se as respostas da população quanto a sua percepção, responsabilização e participação no que se refere ao reaproveitamento do OFR.

Quanto a destinação do OFR, 63% responderam que jogam na pia, seguido de 23% que afirmaram acondicioná-los em recipientes e descartar junto com o lixo doméstico, os demais itens apresentaram valores pouco expressivos. No entanto, há de se destacar os 5% que fazem a doação do óleo para a reciclagem, conforme podemos verificar na Figura 12.

⁴ Do cálculo da média de consumo desconsiderou-se as 82 pessoas que não souberam responder.

Figura 12 – Destinação do OFR nas residências



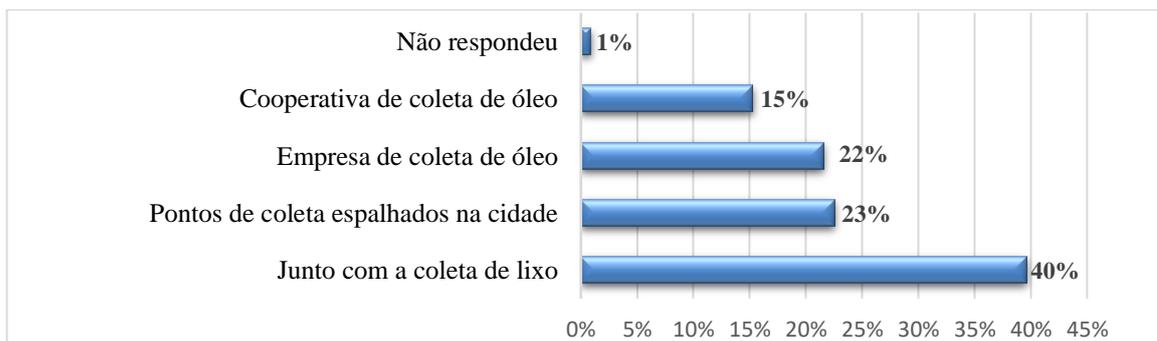
Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Também foi perguntado se o entrevistado tinha conhecimento que o OFR prejudica o meio ambiente e 51% responderam que não, o que demonstra o esforço que deverá ser feito para a conscientização da população quanto a destinação correta do OFR. Tal procedimento é defendido por DeFeo (2020), sobre o que ocorria na Itália, corroborando com o que esta pesquisa encontrou na cidade de Quixadá/CE.

O fato positivo é que quando perguntado sobre a disposição no armazenamento e posterior coleta desse produto, os índices apresentados foram de 78% e 87%, respectivamente, o que caracteriza um engajamento espontâneo em colaborar para a melhoria do meio ambiente.

Como consequência natural a pergunta sobre o quanto o entrevistado/a teria disposição em armazenar e recolher o OFR, seria qual a melhor forma de realizar tal coleta. Para tanto, encontrou-se que 40% dos entrevistados apontaram a coleta do óleo juntamente com a do lixo doméstico, 23% que deveria ser através de pontos de coleta espalhados pela cidade, 37%, que deveria ser realizados por empresa ou cooperativa de coleta e 1% não responderam a essa pergunta. Os dados podem ser visualizados na Figura 13

Figura 13 – A melhor forma de coleta



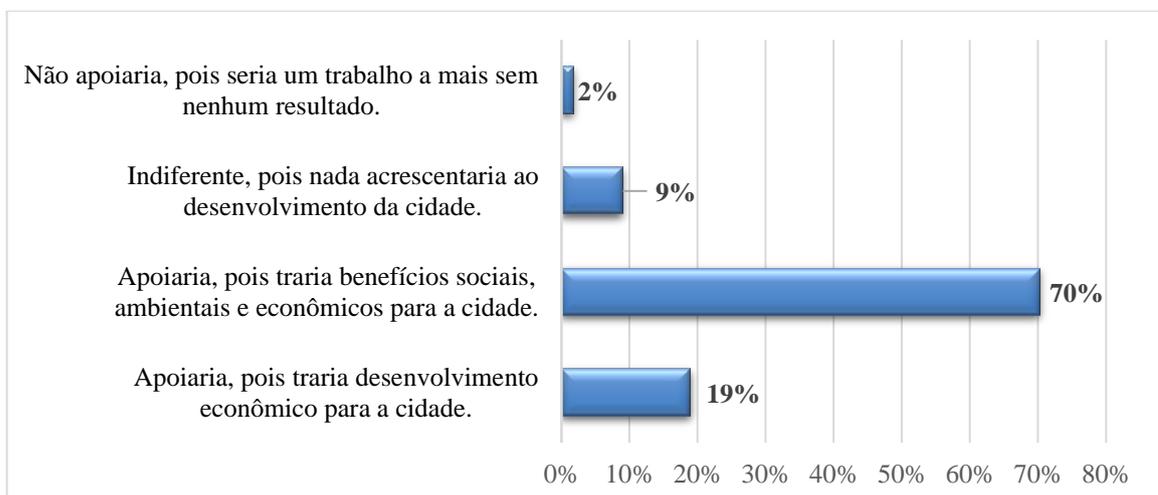
Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Percebe-se que a preferência da população é que a coleta seja realizada juntamente com a coleta de lixo, 40%. Se adicionarmos ainda as parcelas da população que optaram por cooperativa ou empresa de coleta esse percentual sobe para 77%. No entanto, uma coleta domiciliar regular do OFR, principalmente em residências, acaba se tornando inviável, devido ao pequeno volume gerado diariamente, sendo preferível priorizar a coleta através de pontos fixos de depósito do material a ser descartado, tais como igrejas, escolas, supermercados, outros estabelecimentos que já promovem a própria coleta (CASTELLANELLI, 2008).

O risco do elevado custo na coleta porta a porta também foi reafirmado em estudo recente. Porém este pode ser mitigado caso o transporte seja realizado por veículo não motorizado ou pela existência de pontos de coleta próximos aos geradores do OFR (LEAL JUNIOR et al., 2021).

Por fim, testou-se o nível de engajamento direto da população, confrontando a mesma quanto a sua participação, caso fosse implantada, em sua cidade, uma empresa que necessitasse do OFR, e os resultados são detalhados na Figura 14.

Figura 14 – Participação ativa no armazenamento e entrega do OFR



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Conforme pode ser observado na Figura 11, o nível de engajamento é da ordem de 70%, tendo consciência que esta ação traria benefícios sociais, ambientais e econômicos, podendo chegar a 89% se considerar-se que estes apoiariam a implantação da empresa que realizasse a coleta do OFR, apenas por beneficiar a cidade, independente dos motivos. Os resultados coletados aqui convergem para dados similares quando havia se perguntado se estes estariam dispostos a realizar o trabalho de armazenamento e entrega do OFR, ou seja, 87%, conforme demonstrado anteriormente.

Tais índices estão em harmonia com aqueles encontrados em pesquisa semelhante, onde Miranda (2018) encontrou que 88% da população da cidade de São Paulo armazenaria o OFR para posterior coleta.

4.2 Respostas do setor alimentício aos questionários aplicados

De acordo com a pesquisa realizada no aplicativo google maps identificou-se 130 estabelecimentos comerciais dentre os filtros adotados, a saber: bares, carrinhos de batata frita, fornecedores de salgados, hotéis/pousadas, lanchonetes, padarias, restaurantes e supermercados. Destes, após cinco visitas presenciais, obteve-se a aprovação para participar da pesquisa, cerca de 15 estabelecimentos, cujos tipos de negócio e percentual de representação da amostra estão descritos no Quadro 6.

Quadro 6 – % Representação do tipo de estabelecimento comercial entrevistado

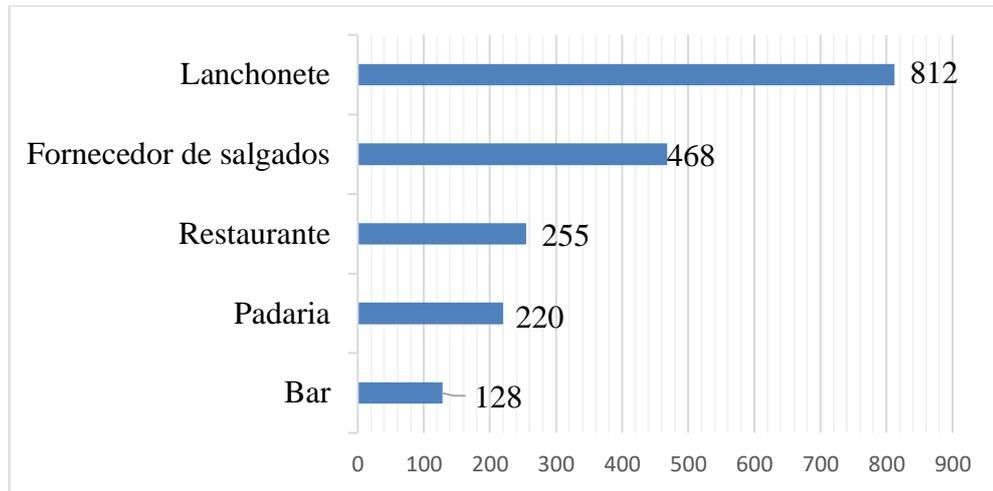
Tipo de estabelecimento comercial	Quantidade de formulários respondidos	% Representatividade
Bar	2	13%
Carrinho de batata frita	0	0%
Fornecedor de salgados	1	7%
Hotel/Pousada	0	0%
Lanchonete	6	40%
Padaria	2	13%
Restaurante	4	27%
Supermercado	0	0%
Total	15	100%

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Conforme pode-se observar, a maior participação é do segmento lanchonetes com 40% seguida dos restaurantes, 27%, bares e padarias ficaram empatados na terceira posição com 13% e por fim o fornecedor de salgados que representou 7% da amostra, os hotéis/pousadas alegaram não fornecer alimentação com fritura, pois servem apenas café da manhã, os demais estabelecimentos não responderam ao questionário.

A primeira pergunta relaciona-se a quantidade de óleo ou gordura vegetal adquiridos pelos entrevistados, a fim de se fazer um comparativo com os dados obtidos por Teixeira et. al. (2018), que chegou ao dado de que cerca de 32% do óleo ou gordura utilizados é convertido em óleo residual. De acordo com a Figura 15, em um primeiro momento, levantou-se a quantidade de óleo ou gordura vegetal adquiridos, totalizando 1.883 L/mês.

Figura 15 – Quantidade de óleo ou gordura vegetal adquiridos



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Desta forma, aplicando-se o parâmetro apresentado por Teixeira et al. (2018), o potencial produtivo de OFR cuja fonte sejam os estabelecimentos comerciais é da ordem de 602 L/mês ou 7.224 L/ano.

Em seguida buscou-se estabelecer um parâmetro mínimo de OFR dado pelos próprios entrevistados e chegou-se às seguintes respostas, conforme Tabela 4.

Tabela 4 – Quantidade de óleo utilizado para fritura/semana

Faixa da quantidade de OFR/semana	Quantidade de estabelecimentos /faixa	Quantidade de OFR (L/semana)
Até 5 litros	0	0
Até 10 litros	5	37,5
Até 15 litros	1	12,5
Até 20 litros	4	70,0
Acima de 20 litros	5	112,5
Total	15	232,5

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Admitindo-se que quem citou até 10 L, sendo que o menor valor seria 5 L, conclui-se que este estabelecimento utiliza entre 5 e 10 L, portanto 7,5 L/semana. Logo, fazendo analogia aos demais intervalos estima-se que o volume produzido de OFR pelos estabelecimentos comerciais seja de aproximadamente 232,5 L/semana ou **930 L/mês**. Portanto, 1,5 vez o parâmetro sugerido por Teixeira et al. (2018).

A pesquisa apurou ainda que 60% do setor comercial reutiliza o óleo de fritura mais de três vezes e que 80% dos entrevistados têm ciência de que ao OFR pode ser dado um destino mais nobre do que o simples descarte, sendo a produção de sabão o destino mais comumente conhecido com cerca de 53% dos respondentes.

Por fim, perguntou-se ainda se os entrevistados concordariam em fazer parte de uma cadeia de recolhimento do OFR, caso fosse implantada uma indústria que o reaproveitasse. Para tal, a resposta foi unânime de aprovação, ou seja, 100% não só concordaram em fazer parte como a entrega seria de forma gratuita para pelo menos 53% destes. Para os demais entrevistados, houve concordância em participar da cadeia de fornecimento do óleo residual desde que de forma remunerada, ou seja, venderiam o OFR. Esses mesmos entrevistados destacaram que já se utilizam da remuneração pelo óleo descartado chegando ao valor médio de R\$ 1,50/L de OFR, mas que estão dispostos a receber um pouco menos caso uma associação ou entidade de natureza jurídica parecida se instalasse em Quixadá e passasse a realizar o trabalho de coleta.

4.3 Análises das amostras de biodiesel

Após a coleta do OFR das duas fontes, doméstico e comercial, realizou-se a produção do biodiesel em escala de laboratório. Para tanto, utilizou-se uma amostra de 50 mL de OFR adicionado de um álcool (metanol) e através do processo de transesterificação, conforme processo definido na Seção 3.3.2 do capítulo anterior, tem-se a produção de biodiesel propriamente dito e ainda a formação do subproduto, o glicerol.

Identificadas todas as amostras, antes e após a reação, o passo seguinte é determinar os volumes e massas de cada uma delas, pois seus resultados serão de suma importância para o cálculo do rendimento.

O cálculo do rendimento é dado conforme Equação 2

$$\% \text{ rendimento do biodiesel} = \frac{\text{massa real do biodiesel}}{\text{massa real do OFR}} \times 100 \quad \text{Equação (2)}$$

Logo, para a amostra 1, tem-se:

$$\% \text{ rendimento do biodiesel}1 = \frac{49,761g}{50,02g} \times 100 = 99,48\%$$

E para a amostra 2:

$$\% \text{ rendimento do biodiesel}2 = \frac{48,015g}{50,03g} \times 100 = 95,97\%$$

A primeira análise a ser realizada é com relação ao rendimento dos produtos obtidos, cujos resultados estão apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 – Rendimento do biodiesel obtido

Amostra 1: OFR₁ doméstico	Amostra 2: OFR₂ comercial
OFR ₁ = 50 mL	OFR ₂ = 50 mL
Volume produzido após transesterificação = 76 mL	Volume produzido após transesterificação = 74 mL
Biodiesel ₁ = 56 mL ou 75%	Biodiesel ₂ = 55 mL ou 74,3%
Glicerol ₁ = 20 mL ou 25%	Glicerol ₂ = 19 mL ou 25,7%
Massa do OFR ₁ = 50,02 g	Massa do OFR ₂ = 50,03 g
Massa do Biodiesel ₁ = 49,761 g	Massa do Biodiesel ₂ = 48,015 g
Rendimento Biodiesel ₁ = 99,48%	Rendimento Biodiesel ₂ = 95,97%

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Os resultados encontrados são bastante satisfatórios. Destaque-se que o rendimento da segunda amostra, proveniente do OFR fornecido pelo setor comercial apresentou um rendimento inferior, quando comparado a amostra 1. No entanto, tal redução não afeta o resultado, que ainda assim se mostra razoável pois se assemelha a outros encontrados em pesquisas semelhantes, tal como Miranda (2018), com cerca de $90,54 \pm 3,35$ % e Ferrão (2018) com 90,42%.

Outro parâmetro analisado foi com relação ao índice de acidez, antes e após a reação. E os resultados estão especificados nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5 – Índice de acidez do óleo de fritura residual

Amostra	Índice de acidez mgKOH/g
OFR doméstico	1,372 mgKOH/g
OFR comercial	4,372 mgKOH/g

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Conforme Araújo (2008) a submissão do óleo a elevadas temperaturas é responsável pela elevação do índice de acidez, o que explica a diferença marcante entre o valor encontrado para o óleo de fonte doméstica e aquele encontrado quando de origem comercial. Uma vez que o óleo recolhido do setor comercial é submetido a um número de reutilização, mais que 3 vezes, conforme destacado na Seção 4.2, portanto, bem maior que o primeiro.

Na Tabela 6, tem-se o mesmo parâmetro, encontrado após o processo de produção do biodiesel.

Tabela 6 – Índice de acidez do biodiesel

Amostra	Índice de acidez mgKOH/g
Biodiesel 1	0,497 mgKOH/g
Biodiesel 2	2,451 mgKOH/g

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Baseado nos resultados apresentados na Tabela 6, quanto ao índice de acidez, o biodiesel produzido a partir de OFR de origem doméstica, está compatível, conforme preconiza a Resolução N° 45/2014 da ANP. Quanto ao biodiesel, cujo óleo é de fonte comercial deverá ser adicionado a outros óleos para que o índice de acidez seja reduzido. Conforme Kothe (2006), uma alternativa é que o OFR seja submetido ao processo de esterificação, anteriormente ao de transesterificação até que atinja os parâmetros determinados pela Resolução supra da ANP.

Como ponto positivo a ser considerado, tem-se que o OFR ao ser submetido apenas a transesterificação já apresentou uma redução do índice de acidez da ordem de 43,9%.

Esta pesquisa realizou ainda a análise do biodiesel produzido segundo outras características, cujos resultados são apresentados no Quadro 8.

Quadro 8 – Resultados dos ensaios realizados com cada amostra de biodiesel

Tipo de Ensaio	Biodiesel 1	Biodiesel 2	Especificação
Massa específica a 20°C (kg/m ³)	879	883	850 a 900
Viscosidade a 20°C (mm ² /s)	4,3322	4,363	3,0 a 6,0
Viscosidade a 40°C (mm ² /s)	1,7138	1,716	-

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Conforme pode ser observado ambas as amostras atendem aos critérios estabelecidos pela ANP para uso e comercialização, nestes quesitos avaliados.

4.4 Índices econômicos de análise de projeto

Esta seção apresenta a análise de viabilidade econômica de implantação do trabalho de coleta, armazenamento, tratamento e destinação final do OFR arrecadado no município de Quixadá e por consequência que possibilite gerar mais recursos para a economia local.

Para isso utiliza-se dois cenários: o primeiro, a coleta e posterior revenda do OFR sem nenhum tratamento e o segundo, considerando a produção de biodiesel a partir do OFR, com a comercialização do biodiesel no próprio município, para abastecimento de veículos pertencentes a frota municipal ou prestadores de serviço à prefeitura, assim como a comercialização do subproduto formado conjuntamente ao biodiesel, conhecido no mercado por glicerina, muito utilizado na indústria de química, por exemplo.

4.4.1 Estimativa do volume de OFR

Segundo apurado na Seção 4.1, estima-se que a população urbana de Quixadá produz em média 6.721 L/mês de OFR e que cerca de 87% dessa população estariam dispostas a recolher e armazenar o óleo residual para uma posterior coleta. Portanto, aplicando esse percentual é possível estimar que somente a população urbana seria responsável pelo fornecimento de **5.847 L/mês** ou **70.164 L/ano** de OFR.

A partir da Tabela 4 identifica-se o percentual de estabelecimentos comerciais representativos para cada faixa considerada como responsáveis pela produção de OFR considerado. Na Tabela 7 utiliza-se esse percentual como forma de extrapolação ao número total de estabelecimentos, então, tem-se uma estimativa da quantidade de óleo residual a ser fornecido pelo setor comercial.

Tabela 7 – Quantidade OFR fornecido pelo setor comercial/mês

Litros produzidos por estabelecimento	% representatividade	Qtd de estabelecimentos	Total de litros produzidos
Até 10 L	33%	43	322,5
Até 15 L	7%	9	112,5
Até 20 L	27%	35	612,5
> de 20 L	33%	43	967,5
Totalização de litros estimados			2.015,0 L

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Considerando-se que houve dificuldade em se estimar o volume de OFR produzido pelo setor em questão, conforme preconizado na Seção 3.2.3, esta pesquisa levantou o volume de vendas, somente para empresas formais, de óleo e margarina vegetal a fim de estimar o volume de OFR do setor.

A Tabela 8 apresenta o detalhamento dos dados obtidos junto aos setores responsáveis, nesse caso, empresas que atuam no setor de venda a atacado cujo cliente são empresas formais, ou seja, detentoras de CNPJ.

Tabela 8 – Volume de vendas mensal de óleo e margarina vegetal para empresas

Estabelecimentos	Margarina Vegetal (L)	Óleo Vegetal (L)
Empresa 1	4.483,40	13.335,00
Empresa 2	0,00	6.756,00
Empresa 3	9.565,48	22.337,55
SUBTOTAL	14.048,88	42.428,55
TOTAL GERAL		56.477
Estimativa OFR (32%)		18.073 L

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Portanto, segundo demonstrado no Quadro 9, considerando as duas fontes fornecedoras de OFR, tem-se que a cidade de Quixadá possui o seguinte potencial de produção mensal e anual.

Quadro 9 – Volume de OFR estimado para o município de Quixadá

Fonte	Perspectiva (L/mês)		Perspectiva (L/ano)	
	Pessimista	Otimista	Pessimista	Otimista
População residente	5.847	9.513	70.164	114.156
Empresas do setor de alimentação	2.015	18.073	24.180	216.876
Total	7.862	27.586	94.344	331.032

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

A perspectiva pessimista foi considerada para uma coleta de 87% do OFR, que representa 5.847 L/mês produzido pela população residente na zona urbana e de uma produção de 2.015 L/mês de OFR recolhidos junto ao setor de alimentação do município de Quixadá perfazendo um total de 7.862 L/mês ou 94.344 L/ano.

Já para a otimista levou-se em consideração a realização de um forte trabalho de divulgação em cadeias de comunicação local que respondam pela conscientização ambiental, engajamento dos munícipes e empresários com a participação dos agentes de coleta, trabalhadores conhecidos como catadores, que resultem numa coleta em todo o município, culminando com uma taxa 27.586 L/mês ou 331.032 L/ano.

4.4.2 Cenário 1: Serviço de coleta e revenda do OFR

Considerando a produção do OFR total de 7.862 L/mês, o trabalho de recolhimento do referido óleo poderá gerar uma receita bruta mensal de R\$ 11.793,00 e de R\$ 141.516,00/ano. Para tanto foi considerado o valor que vem sendo praticado por empresas que estão vindo recolher o OFR em Quixadá, segundo relatos dos entrevistados, que confessaram vender o óleo que geram a uma taxa de R\$ 1,50/L.

Os custos de um projeto envolvem duas principais etapas: implantação e operação, demonstrados nas Tabelas 9 e 10, respectivamente.

Esta pesquisa partiu da premissa de uma parceira, se possível convênio, entre três entes: a Prefeitura, que será responsável pela fiscalização do comércio local para que estes dêem o destino correto ao próprio OFR gerado, conforme Art 1º da Lei 16.309/2017 do Estado do Ceará. Esta será responsável ainda pela cessão de um veículo tipo pick-up que será utilizado para a coleta, o que acarreta o custo zero no item despesa com veículo. O Instituto Federal de

Educação Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, que será responsável pelo suporte técnico e a Associação dos Catadores e Recicladores de Quixadá – Acrq, cujo papel principal será a operacionalização do processo de coleta e destinação do OFR coletado.

Tais custos foram levantados a partir da coleta de informações junto a Acrq, com relação a média de despesas com material de insumo e consumo, além de cotação de preços no mercado para prestadores de serviço, aquisição de máquinas, equipamentos e insumos.

Tabela 9 – Custos de investimento para recolhimento do OFR

Descrição	Valor (R\$)
1 – Construção de galpão – 70,0 m ²	R\$ 66.609,00 ⁵
2 – Aquisição de reservatório em aço carbono cap. 5.000 L	R\$ 19.500,00
3 - Aquisição de bombonas plásticas cap. de 200l – 30 und	R\$ 7.350,00
4 - Aquisição de bombonas plásticas cap. de 100l – 50 und	R\$ 11.750,00
5 - Aquisição de bombonas plásticas cap. de 20l – 50 und	R\$ 3.750,00
6 – Cessão de veículo tipo pick-up para coleta – 1 und	R\$ 0,00
Totalização dos custos	R\$ 108.959,00⁶

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

A seguir tem-se o detalhamento dos custos de operação, conforme Tabela 10, onde se considerou o trabalho de coleta do OFR nos pontos pré-estabelecidos cujo trabalho seria executado pela Acrq, sendo o transporte fornecido pela prefeitura.

Tabela 10 – Custos operacionais mensais

Descrição	Valor (R\$)
Despesas administrativas (3 funcionários + encargos -187%)	R\$ 6.800,00
Energia + Água	R\$ 450,00
Outras despesas (5% de acréscimo)	R\$ 422,00
Imposto sobre a receita (2%) ⁷	R\$ 403,00
Totalização dos custos mensais	R\$ 8.075,00⁸

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Logo, de acordo com a Tabela 10, os custos operacionais anuais são de R\$ 96.900,00 e portanto, o lucro líquido é de R\$ 44.616,00 por ano.

Partindo-se para um projeto de valorização da associação de catadores – Acrq, considerando, para tanto, que estes realizem o trabalho de coleta, armazenamento e destinação correta do óleo de fritura residual.

⁵ Valor calculado a partir de CUB para GI, fornecido pelo Sinduscon/CE

⁶ Este valor foi arredondado para facilitar os cálculos futuros

⁷ A incidência de imposto para associação sem fins lucrativos é baixa

⁸ Este valor foi arredondado para facilitar os cálculos futuros

De posse desses dados pode-se calcular o lucro líquido bem como os demais índices econômicos para constatar a viabilidade de implantação do projeto.

Considerando a projeção de receitas e despesas contabilizadas, conclui-se que a opção proposta para o Cenário 1 é viável, vide $VPL > 0$, conforme observa-se na Tabela 11. O VPL de R\$ 144.398,11 significa que o retorno do projeto será maior do que o obtido quando comparado a aplicar o investimento inicial, R\$ 108.959,00 a uma taxa de 120% da SELIC atual, que está em 13,75% aa, por exemplo.

Tabela 11 – Apresentação dos índices de viabilidade para o Cenário 1

Descrição	Índices
Receita anual	R\$ 141.516,00
Despesas anuais	R\$ 96.900,00
Lucro anual	R\$ 44.616,00
Taxa Interna de Retorno (TIR)	29,86%
<i>Payback</i> descontado (ano)	3,4
Índice de lucratividade	1,33
VPL	R\$ 35.439,11

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A partir de Tabela 11 tem-se os seguintes resultados: o índice de lucratividade demonstra que para cada R\$ 1,00 investidos o projeto retornará R\$ 1,33 e que o projeto não só possui viabilidade econômica, assim como performa um tempo de retorno de 3,4 anos, ou seja, em aproximadamente quatro anos o projeto se pagará. Por fim, a TIR encontrada, 29,86% representam uma elevação de quase 1,8 vezes quando comparada a taxa mínima de atratividade (TMA), que nesse caso foi de 120% da SELIC (2022).

Em trabalho semelhante, Ferrão (2018) encontrou um *Payback* descontado de 11,32 meses, ou seja, menos de um ano. Para se atingir um tempo retorno tão rápido deve-se atentar para o fato de que a população de Ubá/MG, município estudado pelo autor, e o volume de OFR produzido pela mesma foram, 113.330 habitantes e 43.846 L, respectivamente. Em outras palavras, esta pesquisa trabalhou com uma população de quase 50% menor e uma arrecadação de OFR da ordem de 20% da estimativa de óleo produzido pela população de Ubá/MG.

4.4.3 Cenário 2: Produção de biodiesel a partir do OFR

Esta seção trata do levantamento dos índices econômicos considerando a produção de biodiesel como uma alternativa para a destinação final e consequente valorização do OFR gerado no município de Quixadá/CE. Para tanto, parte-se do levantamento de despesas e receitas previstas, para em seguida o cálculo dos índices de VPL, TIR, *Payback* descontado,

taxa de lucratividade e análise de sensibilidade. Desta forma, na Tabela 12 tem-se o detalhamento do investimento inicial considerando a aquisição de uma miniusina com capacidade de produção 300 L/dia ou 6.600 L/mês trabalhando apenas em um turno de 8 h/dia e uma média de 22 dias/mês.

Tabela 12 – Investimento Inicial

Descrição	Valor R\$
Licenciamento Ambiental	R\$ 5.500,00
Sistema de filtragem 500 L/dia	R\$ 39.600,00
Aquisição de miniusina cap. 300 L/dia	R\$ 111.000,00
Capital de giro (3 meses de operação)	R\$ 80.049,00
Semi-reboque tanque cap. 30.000 L	R\$ 25.000,00
Total do investimento	R\$ 261.149,00

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

De acordo com os dados do Quadro 7, Seção 4.3, na produção de biodiesel tem-se dois subprodutos o biodiesel propriamente dito, com uma taxa de rendimento de 95% e o restante de glicerol. Ambos são comercializados e, portanto, geram receitas conforme Quadro 10. Há ainda um terceiro subproduto, oriundo não da produção, mas do fato de que ao se utilizar o biodiesel em detrimento do uso do diesel mineral, deixa de se lançar na atmosfera cerca de 2,66 kg/L de dióxido de carbono (Biodiesel BR, 2021).

Segundo Silva Filho et al. (2018) *apud* Miranda os créditos de carbono, considerando a produção de biodiesel a partir do OFR pode ser obtido pela Equação 3:

$$\text{Créditos Carbono}(tCO_2) = 2,5 \text{ massa do biodiesel} \quad \text{Equação (3)}$$

Logo, a produção de 6.682 L de biodiesel, que corresponde a uma massa de 7.564 kg de biodiesel e este resultará em 18,91 (tCO₂)/mês de créditos de carbono.

Quadro 10 – Receitas projetadas com a venda dos subprodutos

Descrição	Qtd	P. Unit.	Valor Total
Venda do biodiesel (L)	6.682,70	R\$ 4,43*	R\$ 29.571,00
Venda do glicerol (kg)	2.122,74	R\$ 1,46**	R\$ 3.100,00
Venda do tCO ₂	18,91	R\$ 104,04***	R\$ 1.968,00
RECEITA MENSAL			R\$ 34.639,00
RECEITA ANUAL	12,00	R\$ 34.639,00	R\$ 415.668,00

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Nota:

* preço praticado no último leilão da ANP (31/10/2022);

** valor retirado da Tabela de Exportações do Ministério da Economia (nov/2022);

*** valor retirado da Revista Biodiesel BR (nov/2022).

A partir dos Quadros 10 e 11 parte-se para calcular os índices de viabilidade: primeiramente, projeta-se a receita líquida, obtida pela diferença entre a receita bruta e as despesas projetadas para um determinado período. Através da receita líquida e considerando uma taxa mínima de atratividade (TMA), que neste caso foi de 16,50% aa, é possível calcular o fluxo de caixa e por conseguinte os principais índices de análise de projeto, VPL, TIR, *Payback* descontado e o índice de lucratividade.

Tal qual realizado para o Cenário 1 o passo seguinte é calcular as despesas com a produção do biodiesel, conforme detalhado no Quadro 11.

Quadro 11 – Despesas com a produção de biodiesel

Descrição	Qtd	P. Unit.	Valor Total
Custo de aquisição do óleo	7.862,00	R\$ 1,50	R\$ 11.793,00
Custos de aquisição de metanol	943,44*	R\$ 2,03***	R\$ 1.916,00
Custo do metilato de sódio	314,48**	R\$ 16,13***	R\$ 5.073,00
Folha de funcionários (2 funcionários + Encargos)	2,00	R\$ 2.434,74	R\$ 4.870,00
Energia (kWh)	90,00	R\$ 0,96	R\$ 87,00
Água (VB)	1,00	R\$ 300,00	R\$ 300,00
Material de consumo (10% folha)	0,10	R\$ 4.870,00	R\$ 487,00
Imposto sobre a receita (2%)	0,02	R\$ 31.575,00	R\$ 693,00
Depreciação de equipamentos	0,08	R\$ 17.560,00	R\$ 1.464,00
DESPESA MENSAL			R\$ 26.683,00
DESPESA ANUAL	12,00	R\$ 26.683,00	R\$ 320.196,00

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Nota:

* considerou-se a relação de 16% de metanol necessário para cada litro de OFR e uma recuperação de 25% deste material durante o processo;

** considerou-se a relação de 4% de metilato de sódio necessário para cada litro de OFR;

*** valor retirado da Tabela de importações do Ministério da Economia (nov/2022).

Tabela 13 – Índices de Viabilidade para o Cenário 2

Descrição	Índices
Receita anual	R\$ 415.668,00
Despesas anual	R\$ 320.196,00
Lucro anual	R\$ 77.004,00
Taxa Interna de Retorno (TIR)	45,23%
<i>Payback</i> descontado (anos)	2,66 anos
Índice de lucratividade	2,00%
VPL	R\$ 260.539,35

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Segundo Samanez (2009), o VPL positivo é um indicativo de viabilidade de um projeto pois representa o lucro futuro trazido para a data presente obtido a partir de um dado

investimento e considerado o desconto a uma TMA definida previamente. A Tabela 13 nos apresenta que o valor de R\$ 260.539,35 encontrado para o VPL atende ao requisito, ou seja, um $VPL > 0$. Além disso, tem-se um *Payback* descontado de 2,66 anos, uma TIR de 45,23% superior a TMA considerada em quase 2,7 vezes e o índice de lucratividade denotando que para cada R\$ 1,00 investido o retorno será de R\$ 2,00.

Segundo dados coletados no Portal da Transparência da Prefeitura de Quixadá (2022), somente um contrato de prestação de serviço de transporte escolar demanda do município um custo R\$ 615.000,00/ano, referente a contratação de cinco ônibus que trafegam em aproximadamente 124.200 km/ano. De acordo com D'Agosto, Gonçalves e Queiroz (2016) em pesquisa realizada para identificar o consumo energético de diferentes tipos de ônibus, um ônibus urbano convencional sem ar-condicionado percorre em média, 2,42 km/L. Desta forma, admitindo a aquisição do diesel ao preço unitário de R\$ 6,68/L⁹ e o biodiesel a R\$ 4,43/L a produção do biodiesel representará uma economia de cerca de R\$ 113.935/ano para a gestão municipal somente para o contrato citado.

Por fim, esta pesquisa analisou o impacto da variação no preço de aquisição do OFR na viabilidade do projeto a qual apresenta-se no Quadro 12.

Quadro 12 – Análise de Sensibilidade a partir do OFR

Valor Unit. OFR (R\$)	Payback (anos)	TIR (%)	VPL (R\$)	Viabilidade do Projeto
R\$ 1,00	1,65	67,96	486.022,03	ACEITA-SE
R\$ 1,20	1,93	58,88	395.794,55	ACEITA-SE
R\$ 1,50	2,66	45,23	260.539,35	ACEITA-SE
R\$ 1,70	3,54	35,89	170.311,87	ACEITA-SE
R\$ 2,00	7,13	20,83	35.056,67	ACEITA-SE
R\$ 2,20	-	8,97	-55.170,81	REJEITA-SE

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A análise de sensibilidade representa o impacto gerado pela variação de uma determinada variável, nesse caso o valor de compra do OFR, nos índices calculados e por consequência na admissibilidade do projeto. A partir da observação do Quadro 12 percebe-se que, mantendo-se as demais condições, caso haja um acréscimo de R\$ 0,70 no preço de aquisição do OFR o projeto deverá ser rejeitado.

Em contrapartida, havendo um trabalho de conscientização junto à população e empresários do ramo de alimentação para que o preço de compra do OFR reduza a R\$ 1,00 o

⁹ |Preço retirado no site da Petrobrás, especificamente para o Ceará (2023).

Payback descontado revela que o projeto apresenta um retorno do investimento inicial já no segundo ano e com um VPL de quase R\$ 490.000,00.

A partir dos resultados aqui demonstrados é possível traçar-se um paralelo com aqueles encontrados em pesquisas semelhantes. Visando atingir esse objetivo elencamos alguns estudos que se assemelham a essa pesquisa em termos viabilidade econômica, cujos dados são apresentados no Quadro 13.

Quadro 13 – Comparativo de estudos semelhantes

Estudos	Previsão OFR (L/ano)	Lucro ANUAL Previsto (R\$/ano)	Lucro por OFR coletado (R\$/L)	Atualização Monetária (2022)	Payback (anos)
1	42.000	20.916	0,50	R\$ 2,45	5,00
2	120.000	90.542	0,75	R\$ 2,85	5,08
3	526.852	413.666	0,79	R\$ 1,07	2,08
4	1,06x10 ⁸	4,39x10 ⁶	4,14	R\$ 5,57	-
5	52.800	28.394	0,54	R\$ 0,69	4,21
6	94.344	95.472	1,01	R\$ 1,01	2,66

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Notas:

Estudo 1: Christoff (2006), Guaratuba/PR, Pop. Estimada: 37.974 hab.

Estudo 2: Castellanelli (2008), Santa Maria/RS, Pop. Estimada: 285.159 hab.

Estudo 3: Ferrão (2018), Ubá/MG, Pop. Estimada: 113.300 hab.

Estudo 4: Miranda (2018), São Paulo/SP, Pop. Estimada: 12.396.372 hab.

Estudo 5: Silva (2019), Maceió/AL, Pop. Estimada: 1.034.597 hab.

Estudo 6: Cavalcante (2022), Quixadá/CE, Pop. Estimada: 88.899 hab.

Por se tratar de trabalhos realizados em diferentes épocas para que a comparação fosse eficaz optou-se por fazer uma atualização monetária tendo como base a taxa Selic. Dito isto, parte-se para análise comparativa. Inicialmente descartam-se os estudos 1, 2 por se tratar de trabalhos muito antigos e, apesar da atualização monetária, as metodologias utilizadas não permitiram uma comparação fidedigna.

O Estudo 4 também foi descartado por se tratar de uma pesquisa realizada no município de São Paulo e como os números comprovam está num patamar mais elevado uma vez que representa um grande centro urbano.

Dessa forma restaram os Estudos 3, 5 e 6. Conforme pode-se perceber não à toa os valores do lucro por litro de OFR estão tão próximos, R\$ 1,07, R\$ 0,69 e R\$ 1,01, respectivamente. Ora, o primeiro trata-se de um estudo realizado em um município com 113.300 hab., portanto, enquadrado como de médio porte, tal qual esta pesquisa. O valor do lucro/OFR coletado está bem próximo daquele na pesquisa 3, mesmo o referido Estudo tendo realizado um volume de OFR quase seis vezes aquele considerado no Estudo 6.

Já o Estudo 5 apresenta uma queda de 30%, em relação aos valores encontrados na análise 6. Tal diferença se justifica porque o autor fez um recorte considerável no universo pesquisado. Explico: o autor optou por considerar apenas 52.800 L de OFR, quando a projeção estimada era de 274.237 L, ou seja, mais que o dobro e apenas do setor comercial, desconsiderando a contribuição do descarte de sua população.

Assim sendo, é perceptível as semelhanças dos citados estudos, cujos resultados corroboram com a ideia de viabilidade econômica em se produzir biodiesel a partir do óleo de fritura residual em cidades de médio porte.

O Quadro 13 ainda apresenta um outro aspecto muito importante, de que o tempo estimado de retorno dos investimentos foi sempre inferior a cinco anos em qualquer dos projetos analisados.

5 CONCLUSÃO

A presente pesquisa tratou de analisar a viabilidade da reutilização do óleo de fritura residual arrecados no município de Quixadá/CE, com fins de propor uma alternativa à geração de renda impactando na economia local. Para tanto, buscou-se estimar o volume de OFR gerado não só pela população residente na zona urbana, como também, pelo setor de serviços no ramo de alimentação.

A fim de traçar o perfil de consumo, bem como os hábitos de descarte do OFR aplicou-se questionários as duas principais fontes geradoras de OFR. A partir dos questionários chegou-se à estimativa da geração de 8.735 L/mês ou 104.820 L/ano de OFR, sendo conhecido que em apenas 27% deste volume é reutilizado, destacando-se que o município descarta inadequadamente 73% do OFR que produz.

Ainda considerando os hábitos identificados nos questionários, tais como 87% de engajamento para realizar o descarte correto por parte da população residente, doação de 50% do OFR gerado por parte do setor de alimentos, desde que trouxesse benefícios diretos ao município, chegou-se ao volume de 7.862 L/mês ou 94.344 L/ano de OFR a ser considerado para a reutilização e por consequência a principal matéria-prima que pudesse ser comercializada trazendo benefícios econômicos ao município e sua população.

Como consequência do volume encontrado na pesquisa, traçou-se duas possibilidades: a simples comercialização do OFR, a qual chamou-se de Cenário 1 e a utilização deste como matéria-prima para a produção de biodiesel, Cenário 2. Em ambos os casos se atestou a viabilidade do projeto, quer seja pelos índices de VPL encontrados, R\$ 35.439,11 e R\$ 260.539,35, respectivamente, quer seja pelo tempo de retorno do projeto que foi de quase quatro anos para o cenário 1 e de aproximadamente três anos para o segundo cenário.

Para além do benefício financeiro, quando identifica que para cada litro de OFR reutilizado agrega-se o valor de R\$ 1,01 para circular no comércio local, tem-se o ganho ambiental, quando prever-se o descarte adequado de 94.344 L/ano.

Por outro lado, a pesquisa revela que o caminho a ser percorrido não será fácil, os índices demonstram que não há margem para erro, a simples variação do preço de compra do OFR poderá inviabilizar o projeto. Outro ponto de suma importância é o trabalho de conscientização e marketing junto à população para que o volume de OFR recolhido seja o máximo possível uma vez que este impacta diretamente nas três esferas: ambiental, social e econômica.

O Quadro 9 apresenta uma perspectiva mais otimista à geração de OFR do município, podendo chegar a 27.586 L/mês ou 331.032 L/ano. Tal crescimento é possível se considerarmos

a coleta do óleo em todo o município e não apenas na área urbana da cidade, como também se acredita que o volume gerado pelo setor de serviços, encontrado através dos questionários respondidos, está subdimensionado. De tal forma que o projeto poderia atingir um VPL de projeto com valores econômicos de aproximadamente R\$ 6,07 milhões.

Assim sendo, entende-se que a pesquisa atendeu ao seu principal objetivo quando conseguiu demonstrar que a coleta, armazenamento e reutilização do OFR como forma de estimular o comércio local se mostrou viável diante dos principais índices utilizados para estudo de viabilidade de projeto, quais sejam: VPL, TIR, *Payback* descontado e AS.

Para além dos benefícios econômicos, como bem disse Ramos et al. (2017) a diversidade do leque de matérias-primas permite a expansão do setor industrial para regiões mais carentes e amplia a possibilidade de descentralização da produção de biodiesel.

Contudo, a pesquisa não se encerra quando do alcance dos objetivos, ao contrário, ao longo da realização dela se abrem novas possibilidades como por exemplo, o acompanhamento do trabalho da associação desde a implantação até a operacionalização de cada um dos projetos propostos a fim de se ter dados reais e por consequência a realização de possíveis ajustes. Há de se considerar que o município de Quixadá pertence a macrorregião do Sertão Central e a simples implantação de um projeto como este pode se tornar um polo influenciador da região de tal forma que os números podem se elevar de forma exponencial.

Destaque-se como contribuições futuras, estudos de um terceiro cenário com a utilização do OFR para produção de hidrogênio verde, uma vez que o estado do Ceará está despontando como principal pesquisador do país desta fonte de energia limpa e sustentável.

Para o município em análise, sugere-se a criação de um grupo de trabalho formado por representantes da Acrq, prefeitura municipal, instituições de ensino e entidades representativas da sociedade civil objetivando o detalhamento de pelo menos um dos projetos com a finalidade de implantação de uma versão piloto.

REFERÊNCIAS

ABIOVE – **Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais**. Disponível em: <http://www.abiove.org.br/>. Acesso em 10 de agosto de 2021.

AWAY MAGAZINE acessada em 05 de junho de 2022 no seguinte endereço: https://away.iol.pt/energia/combustivel/transformacao-de-oleos-alimentares-em-biocombustiveis-cresce-em-portugal/20220326/623b475a0cf21847f0b31224?utm_source=Clipping&utm_campaign=8583c60ee5-EMAIL_CAMPAIGN_2022_03_28_12_13&utm_medium=email&utm_term=0_2cc57c6303-8583c60ee5-388915921

AHMAD FARID, M. Abdilah; ROSLAN, Ahmad Muhaimin; HASSAN, Mohd Ali; HASAN, Muhamad Yusuf; OTHMAN, Mohd Ridzuan; SHIRAI, Yoshihito. Net energy and techno-economic assessment of biodiesel production from waste cooking oil using a semi-industrial plant: A Malaysia perspective. **Sustainable Energy Technologies and Assesments**, nº 39, p. 1-11, 2020.

AL-ATTAB, Khaled; WAHAS, Ammr; ALMOQRY, Nasr; ALQUBATI, Shadi. Biodiesel production from waste cooking oil in Yemen: a techno-economic investigation. **Biofuels**, p.1-11, 2016.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2021), *Dados estatísticos 2021*, disponível em <http://www.anp.gov.br/dadosestatisticos> (acesso em 24 nov. 2021).

ANDERSEN, F; ITURMENDI, F; ESPINOSA, S; DIAZ, MS. Optimal design and planning of biodiesel supply chain with land competition. **Computers and Chemical Engineering**, nº 47, p. 170-182, 2012.

AVINASH, A, MURUGESAN, A. Economic analysis of biodiesel production from waste cooking oil. **Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy**, v.12, nº 10, p. 890-894, 2017.

BABAZADEH, Reza; RAZMI, Jafar; RABBANI, Masoud; PISHVAEE, Mir Saman. An integrated data envelopment analysis-mathematical programming approach to strategic biodiesel supply chain network design problem. **Journal of Cleaner Production**, nº.147, p.694-707, 2017.

BENAVIDES, Angie Nathalia; MORENO, Jairo A. Lozano. Waste cooking oil logistics and environmental assessment for biodiesel production in Cali. **Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia**, nº.88, pp. 9-15, 2018.

BENVENGA, Marcos Antônio Campos; LIBRANTZ, André Felipe Henriques; SANTANA, José C. Curvelo, TAMBOURGI, Elias Basile. Genetic algorithm applied to study of the economic viability of alcohol production form cassava root from 2002 to 2013. **Journal Cleanear Production**, v 13, p. 483-494, 2016.

BHUIYA, MMK; RASUL, MG; KHAN, MMK; ASHWATH, N; AZAD, AK; HAZRAT, MA. Second Generation Biodiesel: Potential Alternative to-Edible Oil-Derived Biodiesel. In: The 6th International Conference on Applied Energy – ICAE2014. **Energy Procedia**, nº 61, p. 1969-1972, 2014.

BRASIL, Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em 10 de abril de 2021.

BRASIL, Lei nº 13.576 de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. Disponível em: http://https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/113576.htm. Acesso em 08 de dezembro de 2022.

BRASIL, Ministério da Economia. Portal de dados de importações e exportações brasileiras. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em 10 de abril de 2021.

BUARQUE, CRISTOVAM. **Avaliação Econômica de Projetos: uma apresentação didática**. 29ª reimpressão, Rio de Janeiro/RJ: Elsevier, 1984.

CASTELLANELLI, Carlo Alessandro. **Estudo da viabilidade de produção do biodiesel, obtido através do óleo de fritura usado, na cidade de Santa Maria-RS**. Dissertação. Mestrado em Engenharia de Produção. UFSM. Santa Maria/RS. 2008.

CAVALCANTE FILHO, Pedro Gilberto; BUAINAIN, Antônio Márcio; CUNHA, Marcelo Pereira da. Avaliação dos impactos econômicos da cadeia produtiva do biodiesel na agricultura familiar brasileira. *Estudos Econômicos*, v. 51, nº 3, p. 493-527, 2021.

CAVALCANTE, ML. Produção de biodiesel a partir de óleos de fritura processados: Uma alternativa para geração de renda. In: CONGRESSO DE ADMINISTRAÇÃO, SOCIEDADE E INOVAÇÃO - CASI, XIV, 2022, Volta Redonda/RJ.

CEARÁ, Lei nº 16.309, de 03 de agosto de 2017. Dispõe sobre medidas de coleta e reciclagem de óleos e gorduras usados, de origem vegetal e animal de uso culinário e seus resíduos a fim de minimizar os impactos ambientais que seu despejo inadequado pode causar. Disponível em Diário Oficial do Estado do Ceará, Série 3, ano XI, Nº149, Caderno ½ de 08 de agosto de 2017.

CÉSAR, Aldara da Silva; PINHEIRO, Rafael Sanaiotte; BATALHA, Mário Otávio. Levantamento tecnológico sobre o estado da arte da glicerina: um co-produto do biodiesel. In: XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2010, São Carlos/SP.

CHEN, Chuangbin; CHITOSE, Atsushi; KUSADOKORO, Motoi; NIE, Haisong; XU, Wenlai; YANG, Feifan; YANG, Shou. Sustainability and challenges in biodiesel production from waste cooking oil: An advanced bibliometric analysis. **Energy Reports**, nº 7, p. 4022-4034, 2021.

CHRISTOFF, Paulo. **Produção de biodiesel a partir do óleo residual de fritura comercial. Estudo de caso: Guaratuba, litoral paranaense**. Dissertação. Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologias. LACTEC. Curitiba/PR, 2006.

COSTA, Ângela Oliveira da. **A inserção do biodiesel na matriz energética nacional: aspectos socioeconômicos, ambientais e institucionais**. Tese. Doutorado em Planejamento Energético. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro/RJ. 2017.

DÍAZ, Gisel Chenard; CRUZ, Yordanka Reyes; ROSSA, Vinicius; CARVALHO, Leonard Guimarães e VIÊGAS, Carolina Vieira. **Tecnologias para produção de biodiesel a partir do óleo de cozinha usado**. 1. ed. Maringá/PR: Uniedusul, 2019.

DE FEO, Giovanni; DOMENICO, Aurélio Di; FERRARA, Carmem; ABATE, Salvatore e OSSE, Libero Sesti. Evolution of Waste Cooking Oil Collection in an Area with Long-Standing Waste Management Problems. **Sustainability**, nº 12, p. 1-16, 2020.

FERRÃO, Elder M. Gava. Produção de biodiesel usando óleo residual de fritura com os conceitos de desenvolvimento sustentável. Dissertação. Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental. IFMG. Bambuí/MG. 2018.

FIN, Emanuela; TREVISAN, Taísa; TODESCHINI, Caroline; DOMINGOS, Arthur F.; HAAG, Rafael. Sustentabilidade na administração pública: Programa de reaproveitamento de óleo residual de fritura para produção de biodiesel. In: 1º CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, 2018, Gramado/RS.

GENG, Nana; SUN, Yixiang. Multiobjective Optimization of Sustainable WCO for Biodiesel Supply Chain Network Design. **Discrete Dynamics in Nature and Society**, p. 1-16, 2021.

GENG, Nana; FU, Qihong; SUN, Yixiang. Stochastic Programming of Sustainable Waste Cooking Oil for Biodiesel Supply Chain under Uncertainty. **Journal of Advanced Transportation Volume**, p. 1-18, 2021.

GUABIROBA, Ricardo C. da Silva. O Processo de roteirização como elemento de redução do custo de coleta em área urbana do óleo residual de fritura para produção de biodiesel. Dissertação. Mestrado em Engenharia de Transportes. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro/RJ. 2009.

GUABIROBA, Ricardo C. da Silva; SILVA, Roberta M. da; CÉSAR, Aldara da Silva; SILVA, Marcelino. A. V. da. Value chain analysis of waste cooking oil for biodiesel production: Study case of one oil collection company in Rio de Janeiro - Brazil. **Journal of Cleaner Production** nº 142, p.3928-3937, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **Estimativas de População**. Rio de Janeiro, c2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/estimapop/Tabelas>>. Acesso em: 6 abr. 2021.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica**: teoria da ciência e iniciação à pesquisa. 34. ed. Petrópolis: Vozes, 2015.

KNOTHE, Gerhard; VAN GERPEN, Jon; KRAHL, Jurgen; RAMOS, Luiz Pereira. **Manual de biodiesel**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

LAGO, Sandra Mara Stocker; ROCHA JÚNIOR, Weimar Freire da. Óleo de fritura residual como matéria-prima para a produção de biodiesel, tendo como pontos de coletas estabelecimentos de ensino. **Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v.06, nº 1, p. 402-431, 2017.

LEAL JÚNIOR, Ilton Curty, MAIA, Vitória Palmeira, GUABIROBA, Ricardo C. da Silva; OLIVEIRA, Ualison Rébula de. A cadeia reversa do óleo residual de cozinha para a produção do biodiesel pela perspectiva de empresas coletoras. **Revista S&G**, v.16, nº 2, p. 214-226, 2021.

LIU, Tingting; LIU, Yaru; LU, Enhua; WU, Yufeng; LI, Yong. Who is the most effective stakeholder to incent in the waste cooking oil supply chain? A case study of Beijing, China. **Energy, Ecology and Environment**. 4(3), p.116–124, 2019.

MEDEIROS, J. B. **Redação científica: a prática de fichamentos, resumos, resenhas**. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MIRANDA, Amanda Carvalho. **Redução de custos com internações por doenças respiratórias por meio da produção de biodiesel obtido com óleo de fritura residual: survey na cidade de São Paulo**. Tese. Doutorado em Engenharia de Produção. Universidade Nove de Julho. São Paulo/SP. 2018.

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

NOVAES, P. C.; MACHADO, A. M. B.; LACERDA, F. V. Consumo e Descarte do Óleo Comestível em um Município do sul de Minas Gerais. **Revista Ciências em Saúde** v. 4, n. 3, 2014.

PAGLIARDI, O.; MESA, J.M.; ROCHA, J.D.; OLIVARES, E.; BARBOZA, L.A. Planta de Pirólise Rápida de Biomassa: Aspectos da Viabilidade Econômica. In: **IV Congresso Brasileiro de Planejamento Energético**, 2004, Itajubá/MG.

RAMOS, L.P.; SILVA, F.R.; MANGRICH, A.S.; CORDEIRO, C.S. Tecnologias de produção de biodiesel. **Revista Virtual de Química**, v.3, nº 5, p. 385–405, 2011.

RODRIGUES, Glauco Oliveira; PEREIRA, Adriano; SIMONETTO, Eugênio de Oliveira; TREVISAN, Marcelo; BARCELOS, Daniel Visentini. Um modelo computacional para a análise da produção de biodiesel, a partir do óleo de cozinha, e uso na coleta de resíduos sólidos urbanos. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**. nº1, p.189–209, 2018.

ROSSI, Gustavo Zanetti de; BORGES, Ivan Rocha; PEREGO, Thayane Ferreira; TOLEDO, Victor Dallacqua Madeira; FERREIRA, Luis Fernando Peffi. Technical analysis of biodiesel production from residual fry oil. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 04, nº 1, p. 0101-0108, 2018.

SILVA, Alex Aguiar da. **Avaliação econômica e ambiental da utilização de óleos residuais comerciais e industriais da cidade de Maceió para fabricação de Biodiesel**. Dissertação. Mestrado em Energia da Biomassa. UFAL. Rio Largo/AL, 2019.

SILVA FILHO, S.C.; MIRANDA A.C.; SILVA T.A.F.; CALARGE, F.A.; SOUZA, R.R.; SANTANA, J.C.C.; TAMBOURGI, E.B. Environmental and techno-economic considerations on biodiesel production from waste frying oil in São Paulo city. **Journal of Cleaner Production**, v. 2183, p. 1034-1043, 2018.

SAMANEZ, Carlos Patrício. **Matemática Financeira: aplicações à análise de investimentos**. 4ª edição, São Paulo/SP: Pearson Universidades, 2009.

TEIXEIRA, Margarida Ribau; NOGUEIRA, Ricardo; NUNES, Luís Miguel. Quantitative assessment of the valorisation of used cooking oils in 23 countries. **Waste Management**, v.78, p. 611–620, 2018.

TSAI, Wen-Tien. Mandatory Recycling of Waste Cooking Oil from Residential and Commercial Sectors in Taiwan. **Resources**, v. 8, n° 38, p. 1–11, 2019.

YANG, Junliang; SHAN, Haiyan. The willingness of submitting waste cooking oil (WCO) to biofuel companies in China: An evolutionary analysis in catering networks. **Journal of Cleaner Production**, n° 282, p. 1-16, 2021.

YANG, Rui; TANG, Wansheng; ZHANG, Jianxiong. Implications of government subsidies for waste cooking oil considering asymmetric information **Emerald Insight**, v.50, n° 2, p. 588-615, 2021.

YACOB, Mohd Rusli; KABIR, Ibrahim; RADAM, Alias. Households willingness to accept collection and recycling of waste cooking oil for biodiesel input in Petaling District, Selangor, Malaysia. In: International Conference on Environmental Forensics 2015 (iENFORCE2015). **Procedia Environmental Sciences**, n° 30, p. 332-337, 2015.

ZHANG, Yong; JIANG, Yunjian. Robust optimization on sustainable biodiesel supply chain produced from waste cooking oil under price uncertainty. **Waste Management**. v.60, p.329-339, 2016.

ZHAO, Yuanhao; WANG, Changbo; ZHANG, Lixiao; CHANG, Yuan; HAO, Yan. Converting waste cooking oil to biodiesel in China: Environmental impacts and economic feasibility. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n° 140, p. 1-9, 2021.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO À POPULAÇÃO DA CIDADE DE QUIXADÁ/CE



Este Questionário faz parte de uma pesquisa desenvolvida pela pesquisadora **Maria Lucicléia Cavalcante**. Os dados aqui coletados além de serem sigilosos e tratados de forma coletiva, ainda serão aproveitados para compor sua Dissertação junto ao Mestrado Acadêmico em Energias Renováveis, do Instituto Federal do Ceará - Campus de Maracanaú.

Questionário disponibilizado, apenas de forma digital, no seguinte endereço:

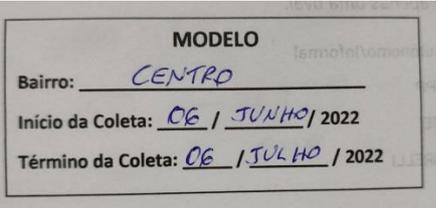
<https://forms.gle/kmgVswCV1RZMwgbE8>

QUESTIONÁRIO A POPULAÇÃO DA CIDADE DE QUIXADÁ/CE

ITEM	PERGUNTA	RESPOSTA
1	Assinale a opção que corresponde ao BAIRRO onde você reside:	<input type="checkbox"/> Alto da Boa Vista <input type="checkbox"/> Alto São Francisco <input type="checkbox"/> Baviera <input type="checkbox"/> Boto <input type="checkbox"/> Campo Novo <input type="checkbox"/> Campo Velho <input type="checkbox"/> Carrascal <input type="checkbox"/> Centro <input type="checkbox"/> Cohab <input type="checkbox"/> Combate <input type="checkbox"/> Curicaca <input type="checkbox"/> Herval <input type="checkbox"/> Irajá <input type="checkbox"/> Jardim dos Monólitos <input type="checkbox"/> Monte Alegre <input type="checkbox"/> Nova Jerusalém <input type="checkbox"/> Planalto Renascer <input type="checkbox"/> Planalto Universitário <input type="checkbox"/> Putiú

		<input type="checkbox"/> São João <input type="checkbox"/> Triângulo <input type="checkbox"/> Outro (Caso você resida em algum Distrito)
2	Quantas pessoas formam o núcleo que se alimentam em sua residência?	___ pessoas
3	Qual a renda média mensal deste núcleo que se alimenta em sua residência, em salário mínimo (R\$ 1.212,00)?	<input type="checkbox"/> Até R\$ 606,00 <input type="checkbox"/> Entre R\$ 606,00 e R\$ 1.212,00 reais <input type="checkbox"/> Entre R\$ 1.212,00 e R\$ 3.636,00 reais <input type="checkbox"/> Entre R\$ 3.636,00 e R\$ 6.060,00 reais <input type="checkbox"/> Entre R\$ 6.060,00 e R\$ 12.120,00 reais <input type="checkbox"/> Acima de R\$ 12.120,00 reais
4	Qual a quantidade de óleo, em litros por mês, que vocês costumam comprar para sua residência?	<input type="checkbox"/> 1 litro <input type="checkbox"/> 2 litros <input type="checkbox"/> 3 litros <input type="checkbox"/> Mais de 3 litros <input type="checkbox"/> Não sei dizer
5	Quanto desse óleo vocês costumam utilizar para frituras?	<input type="checkbox"/> Menos de 1 litro <input type="checkbox"/> 1 litro <input type="checkbox"/> Até 2 litros <input type="checkbox"/> Até 3 litros <input type="checkbox"/> Mais de 3 litros
6	Você reutiliza o óleo de fritura?	<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
7	Quantas vezes você costuma reutilizar o óleo usado em frituras?	<input type="checkbox"/> 1 vez <input type="checkbox"/> 2 vezes <input type="checkbox"/> 3 vezes <input type="checkbox"/> Mais de 3 vezes
8	Quando o óleo não serve mais para utilização, onde você descarta?	<input type="checkbox"/> Na pia <input type="checkbox"/> No solo <input type="checkbox"/> Em frascos e enterra <input type="checkbox"/> Em frascos e no lixo doméstico <input type="checkbox"/> Doa para a reciclagem

		() Vende para uma empresa ou cooperativa de reciclagem
9	Você sabia que o óleo de fritura residual é prejudicial ao meio ambiente, pois contamina os solos, as águas e dificulta o tratamento?	() SIM () NÃO
10	Você sabia que o óleo de fritura residual pode ser reaproveitado?	() SIM () NÃO
11	Marque a(as) opção(ões) de uso(s) para o óleo de fritura residual que você conhece:	() Produção de sabão () Produção de biodiesel () Produção de glicerina () Produção de farinha para ração animal. () Não sei
12	Você concordaria com uma coleta regular de óleos utilizados em frituras, tal qual a coleta de lixo?	() SIM () NÃO
13	Você armazenaria o óleo após ele ser usado nas frituras para que ele fosse coletado?	() SIM () NÃO
14	Qual a melhor forma de coletar o óleo que você armazenou?	() Junto com a coleta de lixo () Empresa de coleta de óleo () Cooperativa de coleta de óleo () Pontos de coleta espalhados na cidade
15	Você acredita, que se fosse implantada em Quixadá uma empresa para reutilização do óleo de fritura residual ela traria benefícios para a cidade? Caso sim, de que tipo? (Observação: Pode marcar mais de uma opção)	() Econômico () Social () Ambiental

16	Qual a sua participação, caso fosse implantada em Quixadá uma empresa para reutilização do óleo de fritura residual?	<input type="checkbox"/> Indiferente, pois nada acrescentaria ao desenvolvimento da cidade. <input type="checkbox"/> Apoiaria, pois traria desenvolvimento econômico para a cidade. <input type="checkbox"/> Apoiaria, pois traria benefícios sociais, ambientais e econômicos para a cidade. <input type="checkbox"/> Não apoiaria, pois seria um trabalho a mais sem nenhum resultado
17	Você concordaria em armazenar o óleo de fritura residual utilizado em sua residência pelo período de um mês e doá-lo para esta pesquisa?	<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
18	<p>Se você respondeu SIM a questão anterior, após realizar o armazenamento do óleo de fritura residual utilizado em sua residência, favor IDENTIFICAR O FRASCO COM O BAIRRO EM QUE VOCÊ RESIDE E AS DATAS DE INÍCIO E TÉRMINO DO PERÍODO DE COLETA. (VER MODELO ABAIXO).</p> 	Ponto de Coleta: _____

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO APLICADO AO SETOR PRODUTIVO DO RAMO DE ALIMENTAÇÃO DA CIDADE DE QUIXADÁ/CE



Este Questionário faz parte de uma pesquisa desenvolvida pela pesquisadora **Maria Lucicléia Cavalcante**. Os dados aqui coletados além de serem sigilosos e tratados de forma coletiva, ainda serão aproveitados para compor sua Dissertação junto ao Mestrado Acadêmico em Energias Renováveis, do Instituto Federal do Ceará - Campus de Maracanaú.

Este questionário foi aplicado e respondido através do seguinte link:

<https://forms.gle/jfntRfBhPa5cQNWw9>

QUESTIONÁRIO AO SETOR DE SERVIÇOS DE ALIMENTAÇÃO DA CIDADE DE QUIXADÁ/CE

TEM	PERGUNTA	RESPOSTA
	<p>Marque um X no tipo de estabelecimento que corresponde ao seu negócio:</p> <p>(Observação: Escolha a alternativa que mais se aproxima. Exemplo: Se o seu estabelecimento serve mais petiscos do que refeições ele está mais próximo do tipo Bar).</p>	<p>() Supermercado () Padaria () Restaurante () Bar () Lanchonete () Fornecedor de Salgados () Carrinho de batata frita () Hotel/Pousada</p>
	<p>Escreva o número de trabalhadores do seu negócio: (Observe e inclua o senhor(a) e familiares que trabalham no negócio, se houver).</p>	<p>___ trabalhadores (as)</p>

	<p>3 Marque o X no tipo de formalização que corresponde o seu negócio:</p>	<p><input type="checkbox"/> Autônomo/Informal <input type="checkbox"/> MEI <input type="checkbox"/> EIRELLI <input type="checkbox"/> EPP</p>
4	<p>Quantos litros de óleo você compra para o seu estabelecimento por mês?</p>	<p>_____ litros/mês</p>
	<p>5 Quantos litros de óleo, por semana, você utiliza para fritar?</p>	<p><input type="checkbox"/> Até 5 litros <input type="checkbox"/> Até 10 litros <input type="checkbox"/> Até 15 litros <input type="checkbox"/> Até 20 litros <input type="checkbox"/> Acima de 20 litros</p>
6	<p>Marque um X na opção que representa a frequência com que você utiliza o óleo de fritura:</p>	<p><input type="checkbox"/> 1 vez ao dia <input type="checkbox"/> 2 vezes ao dia <input type="checkbox"/> 3 vezes ao dia <input type="checkbox"/> 1 vez por semana <input type="checkbox"/> 2 vezes por semana <input type="checkbox"/> 1 vez por quinzena</p>
7	<p>Você reutiliza o óleo de fritura?</p>	<p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não</p>
8	<p>Quantas vezes você costuma reutilizar?</p>	<p><input type="checkbox"/> 1 vez <input type="checkbox"/> 2 vezes <input type="checkbox"/> 3 vezes <input type="checkbox"/> Mais de 3 vezes</p>
9	<p>Quando o óleo não serve mais para utilização, onde você descarta?</p>	<p><input type="checkbox"/> Na pia <input type="checkbox"/> No solo <input type="checkbox"/> Em frascos e enterra <input type="checkbox"/> Em frascos e no lixo doméstico <input type="checkbox"/> Doa para a reciclagem <input type="checkbox"/> Vende para uma empresa ou cooperativa de reciclagem <input type="checkbox"/> Paga para alguém recolher</p>

0	Você sabia que o óleo de fritura residual é prejudicial ao meio ambiente, pois contamina os solos, as águas e dificulta o tratamento?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
1	Você sabia que o óleo de fritura residual pode ser reaproveitado?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
2	Marque a(as) opção(ões) de uso(s) para o óleo de fritura residual que você conhece:	<input type="checkbox"/> Produção de sabão <input type="checkbox"/> Produção de biodiesel <input type="checkbox"/> Produção de glicerina <input type="checkbox"/> Produção de farinha para ração animal. <input type="checkbox"/> Outro _____ <input type="checkbox"/> Não sei
3	Você tem conhecimento de alguma pessoa, empresa privada, pública ou cooperativa que recolhe o óleo de fritura residual para reaproveitamento em algum dos usos listados na questão anterior?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
4	Se Sim, qual ou quais?	<input type="checkbox"/> Produção de sabão <input type="checkbox"/> Produção de biodiesel <input type="checkbox"/> Produção de glicerina <input type="checkbox"/> Produção de farinha para ração animal. <input type="checkbox"/> Outro _____
5	Em caso afirmativo, a empresa está situada em Quixadá/CE?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
6	Se fosse implantada, em nossa cidade uma indústria que utilizasse o óleo de fritura residual para reciclagem, sua empresa faria parte da cadeia de recolhimento desse resíduo?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
7	Caso sua empresa concorde em recolher e repassar o óleo residual de fritura. De que forma se daria o repasse? Marque o X na opção escolhida:	<input type="checkbox"/> Gratuita <input type="checkbox"/> Remunerada
8	Você acredita que se fosse implantada em nossa cidade uma empresa para reutilização do óleo de fritura residual em	<input type="checkbox"/> Sim, apenas para o meu negócio

	traria benefícios para o seu estabelecimento ou para cidade?	<input type="checkbox"/> Sim, apenas para a cidade me negócio <input type="checkbox"/> Sim, para ambos <input type="checkbox"/> Não
9	Se, Sim, que tipo de benefício? Marque uma ou mais opções	<input type="checkbox"/> Econômico <input type="checkbox"/> Social <input type="checkbox"/> Ambiental
0	Qual a sua participação, caso fosse implantada em nossa cidade uma empresa para reutilização do óleo de fritura residual?	<input type="checkbox"/> Indiferente, pois nada acrescentaria ao desenvolvimento da cidade ou do meu negócio. <input type="checkbox"/> Apoiaria, pois traria desenvolvimento econômico para a cidade e para meu negócio. <input type="checkbox"/> Apoiaria, pois traria benefícios sociais, ambientais e econômicos para a população em geral e para o meu negócio. <input type="checkbox"/> Não apoiaria, pois seria um trabalho a mais sem nenhum resultado para o meu negócio

**APÊNDICE C – DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DOS ÍNDICES ECONÔMICOS
PARA O CENÁRIO 1**

Investimento Inicial	R\$ 108.959,00
Taxa mínima de atratividade (120% da SELIC a.a)	16,50%

Soma VP's (1 ao 5 ano)	R\$ 144.398,11
VP do Projeto	R\$ 35.439,11
Taxa Interna de Retorno (TIR)	29,86%
Taxa de Lucratividade	1,33
Tempo de Payback (ano)	3,40

Período (anos)	Fluxo de Caixa	Valor Presente	VP Acumulado
0	-R\$ 108.959,00	-R\$ 108.959,00	-R\$ 108.959,00
1	R\$ 44.616,00	R\$ 38.297,00	-R\$ 70.662,00
2	R\$ 44.616,00	R\$ 32.872,96	-R\$ 37.789,05
3	R\$ 44.616,00	R\$ 28.217,13	-R\$ 9.571,92
4	R\$ 44.616,00	R\$ 24.220,71	R\$ 14.648,80
5	R\$ 44.616,00	R\$ 20.790,31	R\$ 35.439,11

**APÊNDICE D – DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DOS ÍNDICES ECONÔMICOS
PARA O CENÁRIO 2**

Investimento Inicial	R\$ 261.149,00
Taxa mínima de atratividade (120% da SELIC a.a)	16,50%

Soma VP's (1 ao 10 ano)	R\$ 521.688,35
VP do Projeto	R\$ 260.539,35
Taxa Interna de Retorno (TIR)	45,23%
Taxa de Lucratividade	2,00
Tempo de Payback (anos)	2,66

Período (anos)	Fluxo de Caixa	Valor Presente	VP Acumulado
0	-R\$ 261.149,00	-R\$ 261.149,00	-R\$ 261.149,00
1	R\$ 175.521,00	R\$ 150.661,80	-R\$ 110.487,20
2	R\$ 95.472,00	R\$ 70.343,53	-R\$ 40.143,67
3	R\$ 95.472,00	R\$ 60.380,71	R\$ 20.237,05
4	R\$ 95.472,00	R\$ 51.828,94	R\$ 72.065,99
5	R\$ 95.472,00	R\$ 44.488,36	R\$ 116.554,35
6	R\$ 95.472,00	R\$ 38.187,43	R\$ 154.741,78
7	R\$ 95.472,00	R\$ 32.778,91	R\$ 187.520,69
8	R\$ 95.472,00	R\$ 28.136,41	R\$ 215.657,10
9	R\$ 95.472,00	R\$ 24.151,42	R\$ 239.808,52
10	R\$ 95.472,00	R\$ 20.730,83	R\$ 260.539,35