

Programa de Pós-graduação em Gestão de Negócios

## PROJETO APLICATIVO 2022

SUSTENTABILIDADE E O TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO: UM MODELO QUE PROMOVA UTILIZAÇÃO DE FONTES ENERGÉTICAS ALTERNATIVAS COM IMPACTO NO DESEMPENHO DAS EMPRESAS DO SEGMENTO.

Prof. Marcos Eugênio Leão Vale

**FUNDAÇÃO DOM CABRAL**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE NEGÓCIOS**

**GUILHERME Wilson da Conceição**

**RAFAEL TAVARES DE LIMA**

**RENATO FERREIRA DE SOUZA**

**SIONE BENVENUTI STUTZ**

**THIAGO DA FONSECA NAHOUM**

**VERÔNICA ABDALLA**

**TURMA 54 - RIO DE JANEIRO**

**SUSTENTABILIDADE E O TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS NA  
CIDADE DO RIO DE JANEIRO: UM MODELO QUE PROMOVA  
UTILIZAÇÃO DE FONTES ENERGÉTICAS ALTERNATIVAS COM  
IMPACTO NO DESEMPENHO DAS EMPRESAS DO SEGMENTO.**

**RIO DE JANEIRO**

**2022**

**FUNDAÇÃO DOM CABRAL**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE NEGÓCIOS**

**GUILHERME Wilson da Conceição**

**RAFAEL TAVARES DE LIMA**

**RENATO FERREIRA DE SOUZA**

**SIONE BENVENUTI STUTZ**

**THIAGO DA FONSECA NAHOUM**

**VERÔNICA ABDALLA**

**TURMA 54 - RIO DE JANEIRO**

**SUSTENTABILIDADE E O TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS NA  
CIDADE DO RIO DE JANEIRO: UM MODELO QUE PROMOVA  
UTILIZAÇÃO DE FONTES ENERGÉTICAS ALTERNATIVAS COM  
IMPACTO NO DESEMPENHO DAS EMPRESAS DO SEGMENTO.**

**RIO DE JANEIRO**

**2022**

## RESUMO

O transporte público urbano por ônibus no Brasil não tem tido avanços significativos no que tange à diversificação da sua matriz energética e sua dependência do óleo diesel de fonte fóssil. Esta dependência se dá diante de uma gama relativamente vasta de tecnologias e combustíveis alternativos com custos de operação e implantação mais elevados, sem que tenha sido possível realizar substituição significativa, isso visando a redução dos níveis de emissão de poluentes globais e locais do setor, em especial nos grandes centros. A grande crise enfrentada pelo setor de transporte coletivo de passageiros por ônibus no Brasil nos últimos 8 anos, com perdas anuais de passageiros transportados, vem dificultando ainda mais a entrada de novas tecnologias e combustíveis mais limpos. A busca por uma forma alternativa de minimização dos níveis de emissão das frotas de ônibus bem como a geração de novas fontes de receita para as empresas operadoras parece um desafio difícil demais de ser equacionado em projetos que dependam exclusivamente de ações da iniciativa privada. Diante desta dificuldade visualizou-se uma oportunidade que pode nascer com a ideia de um negócio absolutamente novo e disruptivo, na linha daquilo que tem sido chamado de novos negócios sociais, proposta deste trabalho. O objetivo principal então será de demonstrar que a criação de um novo negócio com características sociais possa produzir tanto novas receitas com a produção de um combustível renovável, ao mesmo tempo em que reduz os níveis de consumo de combustível fóssil do setor pode, como gerar renda extra para os usuários do transporte o que justificaria os investimentos necessários para a implantação escalonada deste projeto. Após analisar o setor e sua cadeia produtiva foi identificada uma oportunidade com características únicas de sustentabilidade a qual se mostrou extremamente viável do ponto de vista técnico e operacional, através da geração de biodiesel a partir da matéria prima do óleo de cozinha usado, sendo a remuneração dos doadores de óleo residual feita na forma de créditos de passagem. Após ter sido realizadas entrevistas com diversos especialistas e entes relacionados foram mapeadas os aspectos estratégicos e legais que apontassem para a viabilidade política e institucional do projeto, em especial por sua capacidade de fortalecer a imagem, promover a redução real de emissões locais e globais, além da grande contribuição ambiental relacionada à redução da poluição dos corpos hídricos das cidades, pela coleta dos óleos de cozinha usado. Os resultados mostraram uma viabilidade financeira impressionante, alternativa que se mostrou possível de ser implementada em qualquer cidade brasileira, pelos próprios operadores do transporte.

**Palavras-Chave:** Sustentabilidade. Negócios Sociais. Biocombustível. Biodiesel. Óleos Residuais. Transporte Urbano.

## ABSTRACT

Urban public transportation by bus in Brazil has not had significant advances in terms of the diversification of its energy matrix and its dependence on diesel oil from fossil sources. This dependence occurs in a relatively wide range of technologies and alternative fuels with higher operating and implementation costs, without it has been possible to make a significant substitution, to reduce the levels of global and local emissions of pollutants in the sector, especially in large centers. The great crisis faced by the sector of public transport of passengers by bus in Brazil in the last 8 years, with annual losses of transported passengers, has made it even more difficult to introduce new technologies and cleaner fuels. The search for an alternative way to minimize the emission levels of the bus fleets and the generation of new sources of revenue for the operating companies seems too difficult to solve in projects that depend exclusively on private initiative actions. Given this difficulty, an opportunity was envisioned that can be born with the idea of a new and disruptive business, according to what has been called new social businesses, the proposal of this paper. The main objective then will be to demonstrate that the creation of a new business with social characteristics can produce both new revenues with the production of renewable fuel while reducing the levels of fossil fuel consumption in the sector, and generating extra income for transportation users, which would justify the investments required for the phased implementation of this project. After analyzing the sector and its supply chain, an opportunity with unique sustainability characteristics was identified, which proved to be extremely feasible from the technical and operational perspective, through the generation of biodiesel from used cooking oil feedstock, with the remuneration of the waste oil donors being done in the form of transit credits. After having conducted interviews with several specialists and related entities, the strategic and legal aspects that indicate the political and institutional viability of the project were mapped, especially for its ability to strengthen the image, promote the real reduction of local and global emissions, in addition to the great environmental contribution related to the reduction of pollution of the cities' water bodies, through the collection of used cooking oil. The results showed impressive financial feasibility, an alternative that proved to be possible to be implemented in any Brazilian city, by the transport operators themselves.

**Keywords:** Sustainability. Social Business. Biofuel. Biodiesel. Waste Oils. Urban Transportation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Emissões de CO <sub>2</sub> por tipo de fonte de energia.....	25
Figura 2-	Energia solar distribuída.....	27
Figura 3-	Classificação das usinas de geração de energia hidroelétrica.....	28
Figura 4-	Geração de eletricidade a partir de biomassa.....	30
Figura 5-	Fórmula para Cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR).....	35
Figura 6-	Fórmula para Cálculo do Valor Presente Líquido (VPL).....	36
Figura 7-	Sistema de propulsão convencional.....	48
Figura 8-	Sistema de propulsão convencional.....	49
Figura 9-	Redução das emissões nos veículos movidos a biodiesel.....	50
Figura 10-	Evolução do teor percentual obrigatório de biodiesel.....	51
Figura 11-	Evolução da produção brasileira de cana, açúcar e etanol e os motivos dessa expansão.....	53
Figura 12-	Estimativa da área necessária para a produção de biocombustíveis.....	54
Figura 13-	Comparação do ciclo Diesel com o ciclo Otto no motor de quatro tempos.....	55
Figura 14-	Rotas de obtenção de biocombustíveis drop-in utilizando diferentes fontes de biomassa: Processos térmicos, rota bioquímica e processamento catalítico.....	56
Figura 15-	Ônibus com sistema de propulsão híbrido-elétrico em série.....	58
Figura 16-	Classificação dos veículos elétricos.....	59
Figura 17-	Esquema básico de propulsão de um ônibus a hidrogênio.....	61
Figura 18-	Sub-Regiões que compõem as Bacias Aéreas na RMRJ.....	65
Figura 19-	Taxa de emissão de Fontes Fixas por Bacia Aérea.....	65
Figura 20-	Densidade de energia do hidrogênio.....	68
Figura 21-	Evolução do teor percentual obrigatório de biodiesel.....	71

Figura 22-	Evolução da produção do biocombustível no Brasil.....	72
Figura 23-	Variação média da opacidade nas empresas que testaram o B5.....	73
Figura 24-	Reduções das emissões de gases poluentes com a utilização do biodiesel em relação ao diesel convencional.....	74
Figura 25-	Projeção do preço do diesel e preço mínimo de biodiesel, em função do insumo utilizado – 2010 a 2019.....	75
Figura 26-	Comparativo da viscosidade média e do teor de fuligem com o B20.....	75
Figura 27-	Variação média da opacidade nas empresas que testaram o B5.....	77
Figura 28-	Rendimento (em km/l) de combustível nos veículos abastecidos com B20 e naqueles abastecidos com o diesel comum (sombra).....	78
Figura 29-	Média de opacidade dos ônibus movidos a B20 e dos movidos a B5 (diesel comum).....	78
Figura 30-	Propriedade e investimento de concessionárias em Santiago – Chile.....	83
Figura 31-	Evolução da produção do biocombustível no Brasil.....	84
Figura 32-	Framework do novo modelo de negócio social – produção de biodiesel a partir de óleo residual, na Cidade do Rio de Janeiro.....	103
Figura 33-	Método de transesterificação metílica para óleos residuais.....	108
Figura 34-	Mini-usina Flex de Biodiesel IEE/USP.....	109
Figura 35-	População Residente, Área Total e Densidade Demográfica: Cidade do Rio de Janeiro, 2010.....	112
Figura 36-	Mapa de Garagens de ônibus – Cidade do Rio de Janeiro.....	113
Figura 37-	Distribuição de Usinas em Garagens de Ônibus.....	114
Figura 38-	Mapeamento das principais comunidades do Rio de Janeiro.....	115
Figura 39	Plano de Rotas de Coleta.....	116
Figura 40-	Caminhão $\frac{3}{4}$ VUC Truckado 6x2.....	117

Figura 41- Caixa acondicionadora de Pet 2l.....	118
Figura 42- Objetivos Principais.....	120
Figura 43- Projeto B20 no âmbito da sustentabilidade.....	121
Figura 44- Evolução da procura pelo termo ESG no 'Google Trends'.....	124
Figura 45- Financiamento das 10 usinas – valor mensal estimado.....	133
Figura 46- Financiamento dos 210 pontos de coleta – valor mensal estimado..	133
Figura 47- Financiamento APP/ Aplicativo .....	134
Figura 48- Cronograma do Projeto.....	140
Figura 49- Infográfico.....	141



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1-	O setor de transportes com a crescente evolução.....	22
Gráfico 2-	Evolução da geração de energia eólica no Brasil.....	29
Gráfico 3-	Participação de Energias Renováveis na OIE.....	41
Gráfico 4-	Matriz Energética Mundial 2019 (IEA, 2021).....	41
-		
Gráfico 5-	Matriz Energética Brasileira 2020 (BEM, 2021).....	42
Gráfico 6-	Gráfico de Emissões de GEE (tCO <sub>2</sub> e) de Transporte, classificados por seus subsetores.....	64
Gráfico 7-	Gráfico de comparação por emissão entre fontes fixas e móveis.....	66

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Distribuição de FCBs por cidades / regiões.....	69
Tabela 2-	Demanda Estimada.....	112
Tabela 3-	Plano de Coleta.....	116
Tabela 4-	Dimensionamento de Coleta.....	118
Tabela 5-	Cálculo de Cubagem de Veículos.....	118
Tabela 6-	Demanda Projetada de Transferência entre Usinas e Distribuidoras.....	119
Tabela 7-	Custos Totais com Transporte.....	119
Tabela 8-	Produção de biodiesel e glicerina estimados para 10 usinas.....	131
Tabela 9-	Receita com créditos de carbono estimada.....	131
Tabela 10-	Receitas totais estimadas.....	133
Tabela 11-	Custos de mão de obra com salários de diretoria e gestão.....	134
Tabela 12-	Custos de mão de obra com salários de operadores das 10 usinas.....	135
Tabela 13-	Custos de mão de obra com salários dos pontos de coleta.....	135
Tabela 14-	Custos com energia elétrica das 10 usinas.....	136
Tabela 15-	Custos com água de processo das 10 usinas.....	136
Tabela 16-	Custos com insumos das 10 usinas.....	137
Tabela 17-	Custos de mão de obra com salários de operadores das 10 usinas.....	138

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABC	Agricultura de Baixa Emissão de Carbono
ABGD	Associação Brasileira de Geração Distribuída
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional de Petróleo
ANTP	Associação Nacional de Transporte Público
BEN	Balanco Energético Nacional
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento
CA	Corrente Alternativa
CBIO	Certificado De Descarbonização Dos Combustíveis
CBIO	Créditos de Carbono
CEF	Caixa Econômica Federal
CEF	Connecting Europe Facility
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CENPES	Centro de Pesquisas da Petrobrás
CEPERJ	Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação De Servidores Públicos do Rio de Janeiro.
Cetesb	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CGH	Centrais Geradoras Hidrelétricas
CMPC	Custo Médio Ponderado de Capital
CND	Contribuições Nacionalmente Determinadas
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
CNT	Confederação Nacional de Transporte
CO2	Dióxido de Carbono
COP	Conferência das Partes
COPPE/UFRJ	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós Graduação e Pesquisa em engenharia do Rio de Janeiro
CQNUMC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática
CTL	Centro de Transporte e Logística

DETRO	Departamento de Transporte do Rio de Janeiro
DT	Custos em cada tempo
ECG	Environmental, Social and Governance (ES
EPE	Empresa De Planejamento Energético
ESG	Ecoambiental, Social e Governança
EUA	Estados Unidos da América
FC	Fluxo de caixa no período
FCB	Fuel Cell Buses
FEEMA	Fundação Estadual De Meio Ambiente
FETRANSPOR	Federação das empresas de transporte de passageiros do Estado do Rio de Janeiro
GEE	Gases de efeito estufa
GEF	Global Environment Facility.
GNV	Gás Natural Veicular
GWEC	Conselho Global de Energia Eólica
HRS	Estações de Abastecimento de Hidrogênio
HVO	Hydrotreated Vegetable Oil (Óleo Vegetal Hidrotratado)
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBTS	Presidente do Instituto Brasileiro de Transporte Sustentável
IEA	Agência Internacional de Energia
IEA	International Energy Agency (Agência Internacional de Energia)
IME	Instituto Militar de Engenharia
INEA	Instituto Nacional do Ambiente
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
LTC	Laboratório de Transporte de Carga
MIT	Instituto de Tecnologia de Massachusetts
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MP	Material Particulado
OCDE	Organização para comparação de desenvolvimento econômico
OIE	Oferta Interna de Energia
PBVE	Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular PBVE
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas

PET	Programa de Engenharia de Transportes
PLVB	Coordenador Técnico do Programa de Logística Verde Brasil
PNE	Plano Nacional de Energia
PNMU	Política Nacional de Mobilidade Urbana
PNPD	Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel
PRI	Principles for Responsible Investing
PROALCOOL	Programa Nacional do Álcool
PROALCOOL	Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), o Programa Nacional do Álcool
PROCONVE	Programa de Controle da poluição do Ar
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
PTA	Transporte Público
PTO	Operadores De Transporte Público
RenovaBio	Política Nacional de Biocombustíveis
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima.
SMTU	Superintendência Municipal de Transportes Urbanos
SPA	Sistema De Propulsão Alternativo
SPC	Sistema De Propulsão Convencional
SPUrbanuss	Sindicato das Empresas de Transporte Coletivo Urbano de São Paulo
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
UITP	Associação Internacional De Transporte Público
VEB	Veículo Elétrico a Bateria
VECC	Veículo Elétrico a Célula De Combustível
VEH	Veículo Elétrico Híbrido
VEHP	Veículo Elétrico Híbrido Plug-In
VPL	Valor Presente Líquido
WEF	Fórum Econômico Mundial.
WRI	World Resources Institute

## SUMÁRIO

<b>1 RESUMO EXECUTIVO .....</b>	<b>15</b>
<b>2. BASES CONCEITUAIS .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 A emissão de CO2 e emissões locais e seus impactos nos centros urbanos.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Fontes de energia de baixo carbono e sua aplicação no setor de transportes .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3 Estudo de viabilidade para novos projetos: análises e indicadores .....</b>	<b>31</b>
2.3.1 Contexto Mercadológico.....	33
2.3.2 Etapas e critérios para análise de viabilidade .....	33
<b>3. METODOLOGIA DE PESQUISA.....</b>	<b>37</b>
<b>4 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE INFORMAÇÃO .....</b>	<b>40</b>
<b>4.1 Análise do setor .....</b>	<b>40</b>
4.1.1 A matriz energética nacional e sua aptidão para a transição na emissão de baixo carbono (aplicada ao setor de transportes).....	40
4.1.2 Fontes de energia alternativa aplicáveis ao transporte por ônibus.....	46
4.1.3 Impactos da emissão de poluentes na cidade do Rio de Janeiro.....	61
<b>4.2 Benchmarking / Realidades Organizacionais .....</b>	<b>66</b>
4.2.1 Práticas de sucesso quanto à utilização de fontes de energia alternativa para o setor de transportes.....	67
4.2.1.1 <i>Ônibus movido a hidrogênio na cidade de Frankfurt.....</i>	<i>67</i>
4.2.1.2 <i>A experiência da Cidade do Rio de Janeiro na inserção do biodiesel em frotas de ônibus urbanos .....</i>	<i>70</i>
4.2.1.3 <i>A utilização de ônibus elétricos nas metrópoles .....</i>	<i>79</i>
4.2.2 Melhores práticas observadas.....	83
<b>4.3 Desenvolvimento da ideia-conceito do modelo .....</b>	<b>85</b>
<b>4.4 Percepções da Ideia-conceito pelos principais stakeholders.....</b>	<b>90</b>
4.4.1 Percepções por stakeholders .....	90

<b>5 DESENVOLVIMENTO – PROPOSTA DE SOLUÇÃO</b> .....	101
<b>5.1 Modelo para a utilização de energia alternativa no transporte urbano de passageiros na cidade do Rio de Janeiro com reflexos no desempenho do negócio das empresas operadoras do sistema.</b> .....	102
5.1.1 DESCRIÇÃO DETALHADA DO MODELO .....	103
<b>5.2 Análise de viabilidade para o modelo</b> .....	108
5.2.1 VIABILIDADE TÉCNICA.....	108
5.2.2 VIABILIDADE OPERACIONAL .....	111
5.2.3 VIABILIDADE ESTRATÉGICA .....	120
5.2.4 VIABILIDADE LEGAL.....	125
5.2.5 VIABILIDADE FINANCEIRA.....	130
5.2.5.1 <i>Faturamento</i> .....	131
5.2.5.2 <i>Investimentos</i> .....	132
5.2.5.3 <i>Custos Fixos</i> .....	134
5.2.5.4 <i>Custos Variáveis</i> .....	136
5.3 PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO .....	140
5.3 PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO .....	140
<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	142
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	144

## 1 RESUMO EXECUTIVO

A sustentabilidade é um tema que vem sendo discutido há alguns anos. O desenvolvimento sustentável traz benefícios a humanidade e ao meio ambiente, podendo ser dividida em três pilares, sente estes: social, econômico e ambiental. A empresa que busca se desenvolver de forma sustentável, precisa que os três pilares se interajam entre si de forma plenamente harmoniosa.

A sustentabilidade ambiental está associada a capacidade de suporte e resistência dos ecossistemas, geralmente está voltada a relação entre a economia, a natureza e a sociedade. Também pode ser entendida como a forma responsável do uso dos recursos naturais, garantindo que estes possam ser aproveitadas pelas gerações futuras. A preocupação com a sustentabilidade pode minimizar possíveis problemas ambientais como o aquecimento global, o efeito estufa, entre outros.

Conforme a Organização Mundial de Saúde a sustentabilidade e equidade podem trazer um futuro melhor para todos (COSTA, 2017). A sustentabilidade envolve também aspectos da vida social, entre eles tem-se o deslocamento das pessoas, sendo um ato constante, necessário e básico, para a relação da humanidade. O deslocamento do ser humano se transformou ao longo dos anos, até alcançar as mais diversas formas de veículos, entre eles o transporte urbano.

O aumento de veículos circulando nas grandes cidades traz benefícios e consequências. Entre as consequências está a emissão de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) que provoca um desequilíbrio no efeito estufa, o que gera a poluição do ar. Entre os veículos que mais poluem está o transporte coletivo, que contribui com 10,43% das emissões de CO<sub>2</sub> (COSTA, 2017).

Este por sua vez tem passados por crises financeiras devido à redução no número de usuários nos últimos oito anos. Aliada a essa perda tem-se também a dificuldade em aderir a novas tecnologias e combustíveis mais limpos. Uma das formas que podem contribuir para minimizar os níveis de emissão das frotas de ônibus, bem como a geração de novas fontes de receita para as empresas operadoras parece um desafio difícil demais de ser equacionado em projetos que dependam exclusivamente de ações da iniciativa privada.

Diante desta dificuldade visualizou-se uma oportunidade que pode nascer com a ideia de um negócio absolutamente novo e disruptivo, na linha daquilo que tem sido



chamado de novos negócios sociais, proposta deste trabalho.

Existem estudos que buscam uma forma de minimizar a emissão de CO<sub>2</sub>, reduzindo assim a poluição do ar, principalmente nas grandes cidades, onde o número de veículos circulando é maior. A sustentabilidade e o transporte urbano de passageiros na cidade do Rio de Janeiro: um modelo que promova utilização de fontes energéticas alternativas com impacto no desempenho das empresas do segmento.

Para a abordagem deste assunto específico foi realizado um estudo buscando a viabilidade de fontes renováveis de combustíveis para tentar reduzir a emissão de CO<sub>2</sub>.

Para a realização da pesquisa é necessário analisar quais fontes energéticas poderão ser utilizadas pelo segmento de transporte urbano de passageiros na cidade do Rio de Janeiro e que contribua para o desempenho das empresas do setor?

O objetivo geral da pesquisa está em desenvolver um modelo para utilização de energias alternativas no transporte urbano de passageiros na cidade do Rio de Janeiro, de forma a promover a sustentabilidade das empresas.

Os objetivos específicos são:

Levantar as principais alternativas aos combustíveis fósseis no setor de transporte por ônibus; Analisar o contexto Brasil quanto à implementação de fontes de energia de baixo carbono aplicadas ao transporte;

Identificar práticas de sucesso em relação à utilização de fontes alternativas de energia no setor de transportes; Propor um modelo de utilização de energias alternativas no transporte urbano de passageiros na cidade do Rio de Janeiro com reflexos no desempenho do negócio das empresas operadoras do sistema;

Elaborar análise de viabilidade do modelo e Definir um plano de implementação do modelo.

A justificativa do tema está em analisar a forma que as empresas de transporte urbano, principalmente as de ônibus, possam minimizar a emissões de gases poluentes, com medidas sustentáveis, promovendo o bem estar social.

Para a construção do trabalho de conclusão utilizou-se de pesquisas bibliográficas, e no intuito de identificar um projeto de solução adequado para o atingimento dos objetivos traçados para o projeto, serão realizadas entrevistas conduzidas diretamente com alguns dos principais os stackholders ligados ao setor, a saber: órgãos gestores do poder concedente (aqueles ligados ao setor de transporte público de passageiros por ônibus), além de empresários do setor, agências

ambientais do estado e municípios, universidades e especialista do setor de energia e meio ambiente.

## 2. BASES CONCEITUAIS

### 2.1 A emissão de CO<sub>2</sub> e emissões locais e seus impactos nos centros urbanos

No Rio de Janeiro em 1992, conhecida como Rio 92 ou Eco 92, tivemos a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Essa conferência com os chefes de estado teve como objetivo debater uma agenda global visando minimizar os problemas ambientais mundiais. A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática (CQNUMC) foi instituída com o objetivo de estabilizar as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera em um nível que impeça uma interferência da ação humana no sistema climático. Esse processo deverá ser atingido em um prazo que permita aos ecossistemas se adaptarem naturalmente às mudanças do clima e de forma que o desenvolvimento humano e econômico prossiga de forma sustentável (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, 2015).

Realizado em Paris durante a 21<sup>a</sup> Conferência das Partes (COP21) da CQNUMC, em 2015, o acordo tem como objetivos aumentar os esforços globais contra a ameaça da mudança climática e reforçar a capacidade dos países de lidar com os impactos resultantes dessas mudanças. Assinado pelos 195 países integrantes da CQNUMC, o compromisso firmado pretende reduzir as emissões de gases de efeito estufa de forma a conter o aumento da temperatura média global em 2°C acima dos níveis pré-industriais, bem como limitar o aumento da temperatura em até 1,5°C até 2100 (MMA, 2015).

Em setembro de 2016, aprovado pelo Congresso Nacional, o Brasil oficialmente entrou no Acordo de Paris, assumindo os compromissos e metas da CQNUMC, surgindo a Contribuições Nacionalmente Determinadas (CND) (MMA, 2016).

As CND do Brasil têm como objetivo, reduzir as emissões de Gases de efeito estufa (GEE) a um nível 37% inferior ao de 2005, em 2025, além de cumprir uma meta de 43% menos emissões em relação a 2005, em 2030. Para atingir esses objetivos, o Brasil se comprometeu com uma série de medidas no Setor de Energia, como: (SEEG, 2018):

- i. Expandir uso de biocombustível no diesel, incentivar produção de bioenergia

sustentável na matriz energética em aproximadamente 18% até 2030;

ii. No uso da terra:

- Aprimorar a implementação Código Florestal nas esferas municipal, estadual e federal;

- Desenvolver políticas e parâmetros com objetivo de zerar o desmatamento ilegal em 2030;

- Desenvolver políticas e parâmetros de reflorestamento de 12 milhões de hectares para múltiplos usos até 2030;

- Coibir práticas ilegais e não sustentáveis, aprimorando sistemas de gerenciamento de florestas nativas;

Aperfeiçoar sistemas de gerenciamento de florestas nativas através de georreferenciamento e sistemas de rastreamento, de forma a coibir práticas ilegais e não-sustentáveis;

iii. Atingir o uso de 45% de fontes renováveis na matriz energética em 2030, incluindo: Expandir a produção de energias renováveis, exceto a hidrelétrica, entre 28 e 33% até 2030; Expandir o uso doméstico de fontes não-fósseis (solar, eólica, biomassa), exceto a hidrelétrica, em pelo menos 23% em 2030; Alcançar 10% em ganho de eficiência no setor de eletricidade em 2030;

iv. No setor de agricultura, fortalecer o Plano Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC) restaurar 15 milhões de hectares de área de pasto, além de implantar 5 milhões de hectares de áreas de integração lavoura-pecuária-floresta;

v. No setor da indústria, promover o uso de tecnologias mais limpas e aperfeiçoar a eficiência energética e a infraestrutura dos processos;

vi. No setor de transportes, promover medidas que aumentem a eficiência dos transportes e melhorar a infraestrutura dos transportes públicos nos centros urbanos.

No Brasil, as informações vêm da nona edição do SEEG, o Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima (SEEG, 2021). A nova coleção de dados abraça o período de 1970 a 2020 e mostra duas tendências principais:

- a) A primeira é a franca reversão da redução de emissões verificada no Brasil entre 2004 e 2010. Desde 2010, ano da regulamentação, o país elevou em 23,2% a quantidade de gases de efeito estufa que despeja na atmosfera todos os anos.
- b) A segunda e mais preocupante é a curva crescente da emissão dos gases de

efeito estufa que coloca o Brasil em desvantagem para o ano de 2021, relacionado a meta brasileira no Acordo de Paris.

O Brasil, um dos grandes emissores de gases de efeito estufa, formado pelo G20, tem a maior responsabilidade pela forte redução de emissões necessária para cumprir o objetivo do Acordo de Paris que é estabilizar o aquecimento da Terra em 1,5°C neste século. O espaço de tempo para que isso ocorra, segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), é curto. O mundo inteiro precisa se concentrar para derrubar suas emissões em 7,6% ao ano entre 2021 e 2030. A Agência Internacional de Energia (IEA), em seu World Energy Outlook 2021, estimou total de 14 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> que precisam deixar de ser reduzida até 2030 para que o mundo entre na trajetória de redução da temperatura da terra em 1,5°C. Atualmente, as metas nacionais não cumpridas, nos levam na direção dos 2,7°C (SEEG, 2021).

É expressamente necessário aumentar as ações de redução de emissões para evitar os piores efeitos da mudança do clima. E os dados do SEEG mostram que o Brasil está no caminho contrário, mesmo com a queda da economia – o PIB em 2020 teve uma retração de 4,1%, enquanto as emissões de gases de efeito estufa sofreram uma aceleração, significando a maior alta percentual desde 2003. (SEEG, 2021)

Maior de 2020, o SEEG publicou uma análise referente ao período da pandemia onde a estimativa geral era de que o país fosse aumentar a quantidade de gases de efeito estufa que lança na atmosfera entre 10% a 20% para aquele ano. A previsão se mostrou correta, devido ao comportamento dos cinco setores avaliados:

O setor de energia, como previsto, teve uma redução forte nas emissões, de 4,6%, provocado pela recessão e ao isolamento social no primeiro semestre, que derrubou o consumo de combustível no transporte de passageiros. O consumo da eletricidade manteve-se estável, devido às concentrações das chuvas próximos da média histórica, mantendo as hidrelétricas operando enquanto mais fontes renováveis entravam na matriz, o que provocou a redução das emissões. O setor de processos industriais e uso de produtos se manteve estável, com uma oscilação de 0,5% para cima, na contramão da energia.

O setor de agropecuária também atingido pela recessão, viu suas emissões aumentar. A alta foi de 2,5%, a maior elevação percentual desde 2010, provocado pela redução do consumo de carne. Com rebanho maior, aumentou a emissão de gás

metano que é produzido pelo gado.

O mesmo aconteceu no setor de resíduos, onde as emissões subiram 1,6%. Nesse setor a alta foi impulsionada pelo tratamento de efluentes domésticos e pelo aumento na geração de resíduos sólidos durante a pandemia. (SEEG, 2021)

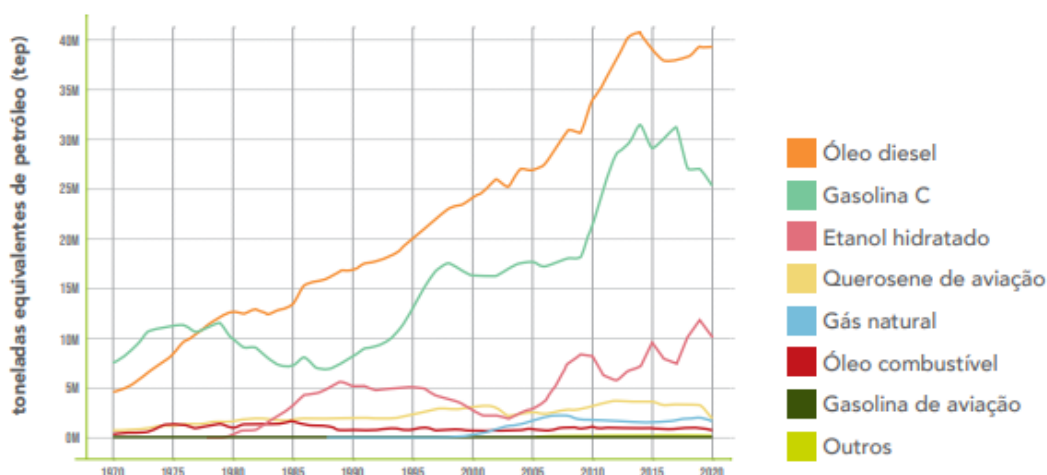
O setor de transportes brasileiro possui grande dependência de fontes de energia fósseis, o que provoca um grande impacto nas emissões de CO<sub>2</sub>.

Dados mostram que esse setor teve a maior queda de emissões do setor de energia. Quando comparado 2019 ano que antecede a pandemia, observamos emissão de 196,5 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, em 2020 esse valor foi de 185,4 milhões de toneladas CO<sub>2</sub>. Observamos uma redução de 11,1 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> que equivale às emissões geradas em todas as usinas termelétricas movidas a carvão mineral no país em 2020.

Em específico ao setor de transportes de passageiros, a pandemia provocou expressiva redução do consumo de combustível fóssil, destacando-se o querosene de aviação, com queda de 42,8%, a gasolina 6,4% e o etanol hidratado 14,7%, todos em sua demanda de 2020 em relação à de 2019. Estes dois últimos combustíveis costumam ter comportamentos complementares, quando um deles tem seu consumo aumentado o do outro tende a diminuir devido ser utilizados essencialmente em automóveis e motocicletas, sendo que os preços nos postos de abastecimento (R\$/km) acabam por determinar se a gasolina ou o etanol será mais consumido pelos veículos bicombustíveis, que compõem a maior parte da frota de passeio do país. Em 2020, no entanto, a queda observada para os dois indica forte retração na movimentação de pessoas, em consonância com o cenário pandêmico de menos deslocamentos. (SEEG, 2021)

O gráfico 1 apresenta o setor de transportes com a crescente evolução de consumo de combustível fóssil no Brasil a partir de 1970.

Gráfico 1 - O setor de transportes com a crescente evolução



Fonte: SEEG (2021, p. 22)

Segundo dados do SEEG (2021) o consumo de óleo diesel, majoritariamente utilizado no transporte de cargas, manteve-se estável no período 2013 a 2020. Porém, a parcela de biodiesel, um biocombustível produzido principalmente por meio de soja, misturada ao diesel de petróleo continuou crescendo, passando de 10% do volume total de óleo diesel consumido em 2019 para 11% em 2020. A queima de biocombustíveis, segundo metodologia indicada pelo IPCC para inventariar emissões nacionais, é considerada neutra em emissões de CO<sub>2</sub>, pois todo carbono emitido fora anteriormente capturado da atmosfera durante o crescimento da cultura vegetal que serviu de matéria-prima para a fabricação desses combustíveis. Dessa maneira, o transporte de cargas também teve suas emissões reduzidas, mas em intensidade bem menor.

As emissões do transporte de passageiros foram 10% menores em 2020 comparado com 2019, enquanto o transporte de cargas, um serviço que foi tido como essencial durante a pandemia, teve suas emissões diminuídas em apenas 1,6%.

A necessidade dos transportes como todo no Brasil para atender a demanda, provoca aumento do consumo de combustível e tem como consequência aumento da emissão dos gases efeito estufa na atmosfera, afetando negativamente população e ecossistemas. Este setor é responsável pela maior parte da emissão no país. Observamos em 2020, ano de pandemia, mantivemos o mesmo nível de emissão quando comparado ao ano de 2015, retrocedendo a meta do tratado de Paris.

## 2.2 Fontes de energia de baixo carbono e sua aplicação no setor de transportes

A maior parte das atividades humanas atuais utiliza energia e a maior parte

dessa energia provém da queima de combustíveis fósseis. No mundo, a principal fonte de geração de energia elétrica ainda é o carvão. No transporte, a energia para movimentar os veículos vem, principalmente, da queima de gasolina e óleo diesel. Na indústria, utiliza-se muito o gás natural e outros derivados de petróleo como o óleo combustível. Toda essa queima de combustíveis fósseis emite grande quantidade de GEE para a atmosfera. No Brasil, as emissões de GEE estão principalmente relacionadas ao desmatamento e às queimadas. O setor de transporte é o segundo colocado seguido pelo setor industrial, devido ao uso predominante de combustíveis fósseis em suas atividades (EPE, EMPRESA DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 2018).

A solução passa então pela adoção de tecnologias que possam minimizar as emissões de GEE para a atmosfera, em especial pela substituição dos combustíveis fósseis por outras fontes energéticas de baixo carbono. No Brasil, a maior parte da energia elétrica consumida tem sido gerada em usinas hidrelétricas, que é uma fonte de energia renovável e com baixas emissões de GEE. Isso já faz com que nossa matriz elétrica emita pouco GEE, quando comparada com a de outros países (BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, BEN, 2021).

Mas no Brasil um dos nossos maiores desafios ainda está no setor de transportes, que se move em grande parte por meio de combustíveis fósseis. Para reduzir as emissões de GEE desse setor já foram lançadas grandes iniciativas ao estímulo do uso de biocombustíveis (etanol e biodiesel), havendo falta de priorização e de políticas públicas voltadas ao uso dos veículos elétricos. Os carros elétricos, bem como o ônibus elétrico, que não emitem GEE no seu funcionamento são vistos atualmente como as tecnologias que trarão a sustentabilidade para os sistemas de transportes no mundo inteiro, no médio e longo prazo. Para o futuro, verifica-se a tendência de eletrificação, digitalização e descentralização dos sistemas de energia. De acordo com Fórum Econômico Mundial (WEF) (2017), estas transformações ligadas à eletrificação de setores tem o potencial de aumentar a eficiência dos sistemas energéticos que promovem a descarbonização dos setores.

O percentual de mistura obrigatória de biodiesel no diesel brasileiro vem aumentando gradualmente desde a sua implementação, com o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel em 2004, e hoje está em 10% Conselho Nacional de Política Energética (CNPE, 2017). O programa para consumo do etanol é mais bem sucedido programa de biocombustível no mundo, o Programa Nacional do Alcool



(Proálcool), a partir da década de 70, e a recente Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) (BRASIL, 2017). O RenovaBio tem como objetivo internalizar as externalidades ambientais positivas dos biocombustíveis, remunerando o abatimento das emissões de GEE proveniente da substituição dos combustíveis fósseis, ao criar também um mercado de Certificado De Descarbonização Dos Combustíveis(CBIO) (EPE, 2018).

Visando identificar quais são as principais fontes de baixa emissão de carbono cabe aqui fazer uma conceituação inicial acerca das diferentes classificações possíveis para os diferentes tipos de energia existentes: Podemos classificar as fontes de energia em: primárias ou secundárias, convencionais e alternativas, e renováveis e não renováveis. São classificações distintas sendo mais conveniente apresentar aqui a distinção entre fontes de energia renováveis e não renováveis, para melhor entendimento e associação com os esforços de se caminhar para uma economia de menor emissão de carbono.

Como fontes de energia não renovável pode-se definir aquelas cujas reservas naturais são limitadas (esgotáveis), pois seus processos de formação são muito lentos ou sua existência é tão curta, comparados com o ritmo de consumo que o ser humano faz delas, por exemplo: o petróleo, o carvão natural, o gás natural, etc. Como fontes de energia renováveis pode-se citar aquelas extraídas de fontes naturais capazes de se regenerar, se desenvolver, ou simplesmente existir dentro de um intervalo de tempo significativo para as pessoas consumirem sem que estas se extinguem (inesgotáveis), por exemplo: biomassa, hidráulica, eólica, solar, etc. Mesmo em um contexto de custo ainda mais elevado das fontes renováveis em relação aos combustíveis fósseis, justifica-se a antecipação da penetração das fontes renováveis no mercado nos benefícios ou externalidades positivas proporcionados por essas fontes, em especial no que tange à redução de GEE Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES, 2005). Importa ressaltar que mesmo uma fonte de energia sendo classificada como renovável ela sempre emitirá alguma quantidade de GEE, não existindo fonte de energia que seja 100% limpa, conforme pode ser observado na Figura 1(IPCC, 214).

Figura 1 – Emissões de CO<sub>2</sub> por tipo de fonte de energia.



Fonte: IPCC (2014)

Mas as fontes de energia renovável estão diretamente associadas à baixa emissão de carbono, em especial aquelas que produzem a energia elétrica para consumo direto (energia útil), como a hidráulica, a solar e a eólica, visto não haver a necessidade de queima de nenhuma natureza, mas incluídas também as fontes oriundas de biomassa renovável, pois mesmo que queimadas devolvem tão somente o CO<sub>2</sub> antes retido por processo de fotossíntese em sua biomassa (ciclo renovável do CO<sub>2</sub> na biomassa). Abaixo serão apresentadas as principais fontes de energia renovável e seus benefícios associados à redução de emissões de GEE (EPE, 2018).

#### a) Energia Solar

Os raios solares podem ser aproveitados para gerar energia elétrica ou térmica, cujas tecnologias desenvolvidas são constituídas por três diferentes formatos: Sistemas solares térmicos (absorção da radiação solar para aquecimento da água ou do ar), usinas solares concentradas (utilização dos raios para aquecimento de fluidos e geração de vapor) e sistemas fotovoltaicos (células fotovoltaicas que convertem a radiação solar diretamente em eletricidade). Os sistemas fotovoltaicos são a maneira

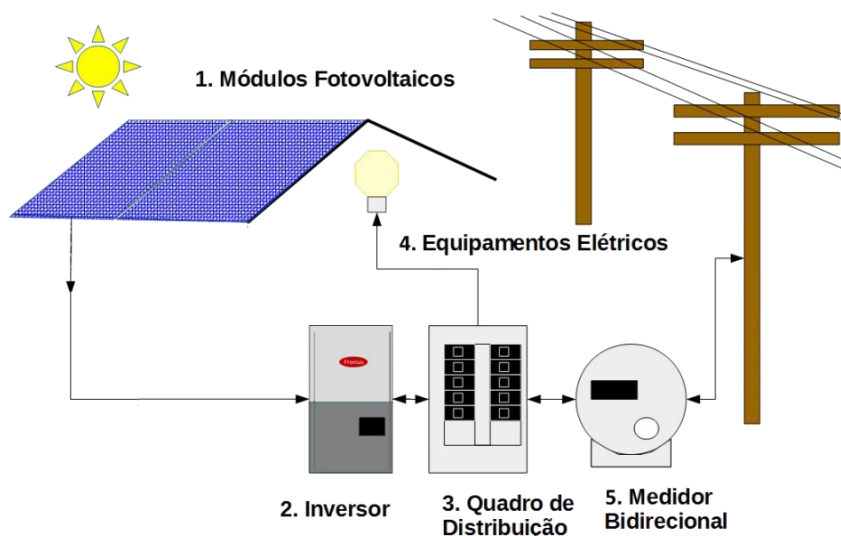
mais difundida de geração de energia elétrica obtida através da radiação solar (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA ABGD, 2020).

A energia solar é capaz de gerar energia elétrica sem emitir MP (material particulado), CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> e CO, o que a caracteriza como uma fonte limpa de energia capaz de mitigar os efeitos das mudanças climáticas e representar uma alternativa às fontes fósseis que emitem GEE (gases de efeito estufa) e poluentes locais. A utilização do solo e a motivação econômica indicam grande potencial no Brasil, considerando a flexibilidade de instalação de painéis fotovoltaicos em coberturas e telhados de áreas construídas e a geração de empregos em regiões economicamente pouco desenvolvidas, que costumam possuir também uma grande incidência de irradiação solar (EPE, 2018).

Considerado privilegiado para a captação de energia solar, o território brasileiro (que apresenta intensa incidência de radiação solar em diferentes regiões e possui inúmeras reservas de quartzo para a produção do silício cristalino, principal componente da fabricação da célula solar) apresenta um grande potencial para geração de energia elétrica através dos sistemas solares que apresentam em geral, pequena necessidade de manutenção em suas centrais e equipamentos, a possibilidade de utilização em locais remotos ou de difícil acesso e um significativo tempo de vida útil dos sistemas implantados (AGUILAR et al., 2012).

Desde a aprovação da Resolução nº 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) os sistemas fotovoltaicos, conforme Figura 2 podem ser conectados à rede da concessionária de energia elétrica, evitando o desperdício e dando maior viabilidade de utilização para o usuário final. O estímulo para utilização dos sistemas fotovoltaicos em larga escala é capaz de reduzir a dependência das usinas hidrelétricas e termelétricas (MACHADO, MIRANDA, 2014).

Figura 2 – Energia solar distribuída



Fonte: PORTO (2019)

#### b) Energia hidráulica

O ciclo hídrico na superfície do globo terrestre representa um potencial energético com o movimento de grandes blocos de água. Os desníveis entre volumes de água (queda) proporcionados pela variação do relevo representa a possibilidade de geração de energia elétrica que pode ser aproveitado por meio de usinas hidrelétricas. A composição de uma usina é basicamente formada por barragem, sistemas de captação e adução de água, casa de força e vertedouros. Toda a estrutura é oriunda de obras e instalações de grande porte do qual é exigida o cumprimento das etapas do licenciamento ambiental (EPE, 2018).

Cada projeto hidrelétrico representa uma solução tecnológica específica de acordo com a classificação da Agência Internacional de Energia (IEA, 2012) em usinas com reservatório de acumulação, usinas a fio d'água e usinas hidrelétricas reversíveis. O custo para implantação é considerado alto, mas não incide valor de seu principal produto combustível (a água), o que caracteriza a fonte de energia como renovável e não poluidora (COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS CEMIG, 2014).

Além das usinas hidrelétricas, existem as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) e as Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH) que funcionam com a vazão do próprio curso-d'água, não alterando as características hidrológicas da região, entretanto, nem toda queda d'água ou curso d'água é capaz de gerar energia elétrica o que sugere a necessidade de um estudo de viabilidade antes de qualquer instalação dessa natureza (ABGD, 2020). Na Figura 3 são apresentados os tipos de usinas para

a geração de energia hidroelétrica.

Figura 3 – Classificação das usinas de geração de energia hidroelétrica.

UHE (Usina Hidrelétrica)	PCH (Pequena Central Hidrelétrica)	CGH (Central Geradora Hidrelétrica)
Capacidade instalada acima de 30 MW	Capacidade instalada de 5 MW até 30 MW	Capacidade de até 5 MW
Reservatório acima de 13 km <sup>2</sup>	Reservatório de até 13 km <sup>2</sup>	Não necessita de reservatório
Requer concessão	Requer outorga de autorização	Dispensa procedimentos de outorga e concessão

Fonte: ABGD (2020)

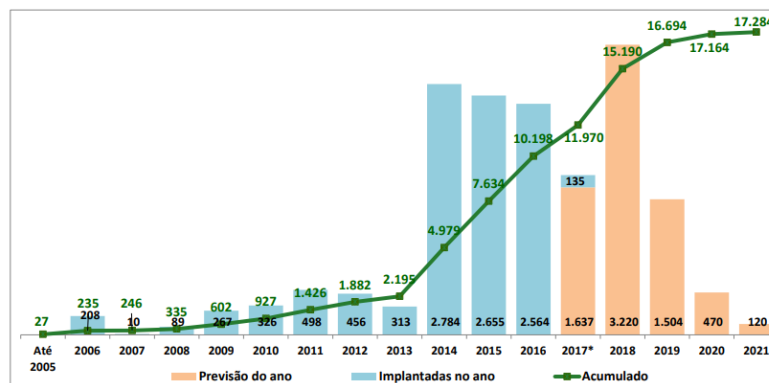
Embora seja considerada uma fonte limpa de energia, as usinas hidroelétricas podem gerar significativos impactos socioambientais relacionados ao deslocamento de populações ribeirinhas e/ou dependentes da pesca local, assoreamento do leito dos rios, desmoronamento das barreiras e destituição da vegetação nativa que pode ocasionar no risco de extinção de diversas espécies (NASCIMENTO, 2016).

### c) Energia Eólica

Derivada da energia solar (que aquece a superfície terrestre de maneira não homogênea e gera locais com alta e baixa pressão, movendo o ar e gerando o vento), a energia cinética gerada pelas correntes atmosféricas pode ser convertida em energia mecânica (que giram as hélices e movem as turbinas) e posteriormente em energia elétrica. Diferente da energia solar que é gerada em corrente contínua, a energia eólica fornece a corrente alternada (CA) e pode ser conectada direto à rede elétrica após o seu armazenamento nos geradores (aerogeradores) que quando instalados interligados, formam os parques eólicos (ABGD, 2020).

Com o prognóstico de crescimento da geração eólica, apresentado pelo Gráfico 2 torna-se evidente a importância dos sistemas de transmissão, cujo potencial está concentrado sobretudo na região Nordeste, cujas interligações com as outras regiões permitirão o fortalecimento do parque hidrelétrico nacional, aumentando a capacidade de armazenamento dos reservatórios de energia (EPE, 2018).

Gráfico 2 – Evolução da geração de energia eólica no Brasil.



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica – (ANEEL, 2017).  
 Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.  
 Notas: Valores anuais e acumulados em escalas distintas;  
 \* Em 2017, usinas implantadas até o mês de março; dados de abril/2017 a 2021 referem-se a projetos previstos para entrar em operação sem restrições ou que apresentam restrições não graves.

Fonte: (ANEEL, 2017)

A fonte eólica de energia é tida como benéfica tanto para a sociedade quanto para o meio ambiente por ser uma fonte limpa, renovável e com custo competitivo, pois na conversão direta da energia do vento em energia elétrica não ocorre nenhum processo de combustão e conseqüentemente nenhuma emissão de gases poluentes. Entretanto, alguns impactos ambientais vêm sendo observados com a expansão geração eólica, entre eles a frequente mortandade de aves migratórias (que colidem com as pás dos aerogeradores), e a ocorrência de significativo ruído durante toda a operação (PINTO, MARTINS, PEREIRA, 2017).

Do ponto de vista econômico, o crescimento da participação eólica na matriz elétrica nacional contribui para o aparecimento de problemas relacionados à estabilidade e garantia de abastecimento devido à variação da captação e intensidade da fonte, que ocorre de acordo com a presença e velocidade dos ventos (EPE, 2018).

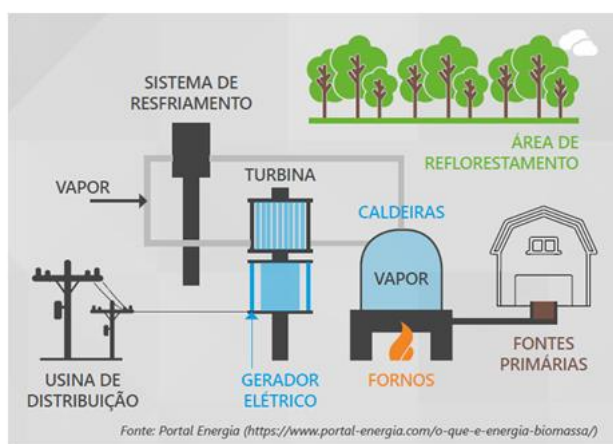
d) Energia de Biomassa (derivados gasosos, derivados líquidos, derivados sólidos)

A decomposição ou queima de matéria orgânica produzida pelos seres vivos pode ser capaz de gerar energia renovável. A biomassa e o biogás apresentam reduzida emissão de gases do efeito estufa durante o seu processo de produção e podem ser criadas a partir dos resíduos das mais diversas atividades, como do agronegócio e dos rejeitos dos grandes centros urbanos. A principal biomassa

empregada para geração elétrica no Brasil é o bagaço de cana. Sua participação tem sido crescente no cenário nacional, decorrente da pujante indústria de etanol e açúcar estabelecida em solo nacional (CARDOSO, B. M, 2012).

A biomassa é atualmente a segunda fonte mais utilizada para a geração de energia elétrica no país e representa cerca de 9,1% da oferta interna de energia elétrica por fonte (BEN, 2021), constituindo uma das alternativas mais promissoras para um futuro energético sustentável. Com a grande disponibilidade de resíduos de biomassa gerada, torna-se evidente a avaliação de sua utilização energética para a produção de biocombustíveis capazes de abastecer os motores à combustão ou propiciar o aquecimento de caldeiras em usinas (LIMA, 2017). A Figura 4 apresenta um dos processos possíveis de geração de energia elétrica a partir de biomassa sólida.

Figura 4 – Geração de eletricidade a partir de biomassa.



Fonte: PORTAL ENERGIA (2022)

O benefício ambiental associado ao uso de álcool etílico (etanol) é devido a cerca de 2,3 toneladas de CO<sub>2</sub> que deixam de ser emitidas para cada tonelada de álcool combustível utilizado em detrimento da gasolina, tornando o etanol da cana-de-açúcar brasileiro o biocombustível com a menor pegada de carbono do mundo. O estímulo da fonte de energia através da biomassa associada a cana-de-açúcar ainda gera discussões relacionadas a motivação pela monocultura de cana, pelo processo primitivo de colheita pela queima e todos os impactos sociais e trabalhistas relacionados a mão-de-obra necessária (LAVEZZO, 2016).

### e) Energia Oceânica

A energia maremotriz é o modo de geração de eletricidade obtida pela conversão da energia liberada no movimento de grandes volumes de água dos mares e oceanos. O recurso energético oceânico pode ser gerado a partir das ondas, dos desníveis das marés, das correntes marítimas, dos gradientes de temperatura e dos gradientes de salinidade. Embora a modalidade oceânica de geração de energia ainda esteja em pleno desenvolvimento, as comunidades científicas e governamentais apresentam grande interesse no avanço das tecnologias e redução dos custos para a obtenção dos recursos energéticos marítimos (EPE, 2018).

A energia cinética provocada pela força das ondas e das correntes marítimas, as diferenças de altura entre as marés altas e baixas (provocadas pela atração gravitacional lunar) e a variação de temperatura e salinidade representam uma promissora possibilidade de fonte energética (NASCIMENTO, 2016). As estimativas preveem a capacidade de proporcionar muito mais energia do que os processos humanos seriam capazes de gastar e consumir no futuro, mesmo sabendo que o consumo global tende a dobrar de dez em dez anos (LAVEZZO, 2016).

Das fontes de energia de baixo carbono acima apresentadas, algumas já vem sendo utilizadas nos transportes, em especial os combustíveis líquidos do tipo renováveis, como o etanol e o biodiesel, em muitos países do mundo. A energia elétrica oriunda de fontes renováveis é tida atualmente como a rota energética mais limpa e mais eficiente sendo o Brasil um dos países com maior potencial para a implantação de projetos desta natureza, seja pela ampla disponibilidade de sol, água, ventos e ondas, seja pela natureza da sua matriz energética elétrica atual, muito renovável, em sua maior parte.

## **2.3 Estudo de viabilidade para novos projetos: análises e indicadores**

O estudo de viabilidade de novos projetos tem como objetivo analisar se um novo produto ou serviço será sustentável para a organização e atenderá sua atividade fim, sendo possível escolher qual projeto deve seguir e receber investimento (LORENZET, 2013).

O estudo de viabilidade permitirá que os empresários e empreendedores tenham uma perspectiva mais apurada dos projetos, permitindo avaliar diversos



fatores e cenários para ponderar a viabilidade e seguir com o projeto, pois fornece informações para entender se conseguirá trazer resultados satisfatórios com um equilíbrio econômico sustentável e que não irá prejudicar a saúde financeira da empresa durante seu andamento, diminuindo os riscos de investimento (CUNZOLO, et al, 2019; PEREIRA, et al, 2020).

Na visão de Pereira et al (2020) estudo é necessário para a decisão de investir, pois não somente analisa e seleciona as oportunidades de investimento mais convenientes, como também evita investimentos antieconômicos e/ou mal dimensionados.

As análises devem ter modelos simples, trazendo clareza nos critérios possibilitando a compreensão de todas as pessoas que irão estudar as análises, evitando uma decisão equivocada na aplicação de capital que pode comprometer os recursos da empresa que poderiam ser usados em outros projetos. Visando mitigar estes riscos, é importante que seja feito projeções com diversos cenários possibilitando uma análise rica em possibilidades do projeto (CUNZOLO, et al, 2019).

Uma análise e viabilidade eficaz devem ser constituída de uma análise financeira e uma análise econômica, critérios como custos, prazos e qualidade ou desempenho devem estar em conformidade para garantir a perenidade do projeto (CUNHA, et al, 2018)

A análise econômica analisa todos os ativos da empresa com seus lucros e prejuízos gerados a partir de suas atividades fins, ela tem o objetivo de apontar se o projeto tem lucro ou prejuízo, e de acordo com Cunzolo, et al (2019, p. 39) “um projeto sempre vai gerar algum tipo de impacto que, ao nos referirmos à abordagem econômica tratamos como seu desempenho, muitas vezes claramente referido como retorno”.

A análise Financeira é a responsável por garantir saúde financeira da empresa, com os controles de entrada e fuga de receita, ela é a responsável pelo fluxo de caixa dando fôlego e vida ao projeto mostrando a capacidade de geração de receita, esse fluxo de caixa deve conter características relevantes para sustentar a viabilidade, como um comparativo entre tamanho e volume do fluxo frente ao capital investido, bem como as datas previstas para as entradas desse fluxo de caixa (CUNZOLO, et al, 2019).

### 2.3.1 Contexto Mercadológico

Para se iniciar a construção da análise de viabilidade é importante ter uma análise do ambiente interno e externo entendendo todo o contexto mercadológico levantando os riscos e oportunidades para a aplicação do projeto, devendo analisar as variáveis do macroambiente e microambiente, Kotler (2017). Ao mapear a viabilidade é necessário entender o contexto em que a organização atua, ou pretende atuar, entendendo os fatores políticos, econômicos, concorrência, órgãos reguladores, entre outros. É preciso entender os contextos operacionais, como nossa estratégia de negócio, nossa metodologia de trabalho e nossos fornecedores e clientes para nossas oportunidades e fraquezas.

A partir da compreensão do contexto mercadológico, bem como as oportunidades e riscos atribuídos ao projeto frente ao macroambiente e microambiente, é possível ter uma perspectiva de mercado que podem ou não afetar nossos objetivos.

### 2.3.2 Etapas e critérios para análise de viabilidade

Tendo mapeado os riscos inerentes a organização através da compreensão do composto mercadológico que a organização atua, podemos entender que estes riscos podem ser reduzidos, controlados e mais previsíveis a partir das análises econômicas e financeiras, pois permitirão uma correta análise da estrutura econômica da empresa possibilitando a empregabilidade do recurso financeiro ideal para condução do projeto e teremos uma clareza das projeções dos resultados esperados bem como uma projeção do fluxo de caixa para manter o projeto viável a longo prazo (ASSAF NETO, 2014; CUNZOLO, et al, 2019).

Os critérios mais utilizados para estas análises são: período de recuperação; capital (Payback); taxa interna de retorno (TIR); valor presente líquido (VPL)

#### a) Período de Recuperação de Capital (Payback)

O payback, também conhecido como Período de Recuperação do Investimento, é um dos indicadores para analisar o risco e viabilidade de um projeto, ele nos traz a informações de qual o período necessário para que a organização tenha retorno do capital investido através do resultado do projeto, e como temos um

mercado com muito dinamismo e diversas variáveis, quanto menor for o tempo de retorno do capital investido melhor será a viabilidade do projeto para este indicador, que usando mais ferramentas de análises poderá mostrar com mais precisão o retorno do capital (LORENZET, 2013).

Para análise de payback temos duas formas diferentes de cálculos, o payback simples e o descontado. No payback simples o cálculo é feito sem considerar nenhuma taxa ou desconto, ou seja, é considerado somente o valor de retorno que o projeto irá trazer desde o período inicial até quando o retorno cobrir o capital inicial. Já no payback descontado, é considerado a dinâmica acima, porém acrescido anualmente e/ou mensalmente uma composição de taxa mínima de atratividade que permite já calcular o retorno do investimento já considerando uma taxa inflacionária e uma taxa de retorno de investimento para considerar o projeto viável ou não (LORENZET, 2013).

Exemplo payback simples:

Capital Inicial: R\$300.000,00

Fluxo de caixa (vendas anuais): R\$50.000,00

=  $R\$300.000/R\$50.000$ : 6 anos

Exemplo payback descontado:

No payback descontado aplicaremos um desconto da uma taxa mínima de atratividade no fluxo de caixa, normalmente é balizada com a Selic.

Capital inicial: R\$300.000,00

Fluxo de Caixa (vendas anuais): R\$50.000,00 – TMA (12,5%) = R\$43.750,00

=  $R\$300.000/R\$43.750$ : 6,8 anos

#### b) Taxa Interna de Retorno (TIR)

É uma metodologia de análise de viabilidade que reflete a qualidade do investimento, trata-se de um indicador que aplicado ao fluxo de caixa permite medir a taxa de retorno esperado do projeto, sendo aplicada nas séries de fluxos permitindo

os valores de VPL chegarem a “0”, (MOTTA; CÂLOBA, 2002).

A TIR é um modelo que permite analisar tanto a rentabilidade quando a dimensão do risco de um investimento, podendo ser comparada com outros indicadores como: Taxa Mínima de Atratividade (TMA), Custo de Oportunidade, Custo Médio Ponderado de Capital (CMPC), sendo a TIR superior a estes indicadores, podemos considerar o projeto viável, pois é considerado um investimento que trará retorno (LORENZET, 2013). (FIGURA 5)

Figura 5 - Fórmula para Cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR)

$$\text{TIR: } \sum_{t=01}^t \frac{Rt - Dt}{(1 + \text{TIR})^t} + \frac{St}{(1 + \text{TIR})^t} = 0$$

Fonte: Lorenzet, ( 2013, p. 31)

t – Considera a quantidade de período de tempos

TIR – Taxa Interna de Retorno ou juros

RT – Receitas em cada tempo

DT - Custos em cada tempo

### c) Valor Presente Líquido (VPL)

É um modelo de análise de viabilidade muito utilizada por investidores, através desse modelo é possível ter uma percepção de qual será o ganho sobre o investimento inicial, pois terá considerada a TIR aplicada sobre os fluxos de caixa trazendo-os para a data inicial do investimento, trazendo assim uma visão clara se o projeto tem atratividade (LORENZET, 2013).

Conhecido também como Valor Presente (Present Value), onde consiste em ter o valor do Capital Futuro para os valores atuais, com os devidos descontos de juros compostos que podem conter os percentuais inflacionários e a taxa mínima de atratividade, trazendo assim o entendimento de viabilidade de investimento. (LORENZET, 2013).

A VPL busca resultados acima do zero, sendo o zero seu ponto de equilíbrio,

ou seja, quanto maior que zero for o indicador representam um investimento viável, e os resultados abaixo de zero representam investimentos não viáveis, contudo nesse momento o que se pode extrair de informação é que os resultados previstos são favoráveis ou não, a continuidade do projeto irá depender de diversas análises comparativas e mercadológicas (FIGURA 6).

Abaixo pode-se ver a fórmula para o cálculo do VPL:

Figura 6 - Fórmula para Cálculo do Valor Presente Líquido (VPL)

$$\text{VPL} = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}$$

Fonte: Lorenzet ( 2013)

t – Representa o tempo que o dinheiro foi investido no projeto, normalmente em anos,

n – Período que perdura o projeto

i – Capital investido

FC – Fluxo de caixa no período

### 3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Conforme Sila, Silveira (2014) a metodologia pode ser definida como sendo um conjunto de critérios e métodos utilizados para a construção de um saber seguro e válido. Neste sentido é preciso que o pesquisador tenha noção da pesquisa que será realizada, para que possa adequá-la a determinado método. A pesquisa pode ser básica ou aplicada. A pesquisa básica é a base da investigação, presente nas fases iniciais do estudo. A pesquisa aplicada tem como foco o aprofundamento de determinado tema na área científica. Ambas podem contar com instrumentos e técnicas como entrevistas, questionários, análise de discurso entre outros. Quanto a metodologia, esta pode ser qualitativa (visa à interpretação do problema, do fato ou objeto) e quantitativa (visa mensurar numérica ou estatisticamente determinado fenômeno).

Na visão de Gil (2019, p. 25) “a pesquisa é um processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico”. Busca descobrir respostas para problemas com o emprego de procedimentos científicos. Este estudo caracteriza-se por pesquisa descritiva, o que segundo o autor Gil (2019) pode ser definido como sendo aquilo que se realiza por registro e análise de características de um fenômeno ou tema de interesse, evitando ao máximo a interferência do pesquisador, a partir de técnicas padronizadas de coleta e análise de dados. Consiste em discutir as possibilidades quanto à utilização de energias alternativas no segmento de transporte urbano que contribua para redução dos níveis de poluição do ar e com melhoria de desempenho operacional das empresas do setor.

Para obtenção dos dados foram realizadas pesquisas qualitativa e qualitativa. A pesquisa qualitativa busca compreender os fenômenos a partir de sua explicação e motivos. A interpretação e a análise dos dados atribuirão significados aos fenômenos e fatos levantados (FRANÇA, VASCONCELLOS, 2019). Nesta análise dos dados escolhida é em consideração as subjetividades e os nuances que muitas das vezes não é quantificáveis (como a experiência relacionada aos testes com combustíveis e tecnologias alternativas já realizados).

O método de pesquisa escolhido será o de estudo de campo com levantamento de dados bibliográficos e documentais disponíveis. Uma análise de Benchmarking será realizada também visando observar em detalhes os cases de aplicação prática das tecnologias combustíveis alternativas em cidades e em empresas operadoras ao

redor do Brasil e do mundo, visando identificar as oportunidades, os desafios e as percepções relacionadas ao objetivo de se minimizar os níveis de emissão de carbono e de emissões de poluentes locais nas cidades.

Tem-se como intuito analisar fatores como financiamentos adequados para o projeto, parceiros que podem intervir positivamente, Logística, distribuidores, focando sempre na qualidade do meio ambiente, na responsabilidade social e ecológica que envolve diversas atividades, como uma tecnologia limpa, uma gestão ambiental adequada, uma política voltada ao meio ambiente e outros procedimentos.

Visando identificar um projeto de solução adequado para o atingimento dos objetivos traçados para o projeto foi aplicada uma metodologia que permita validar as premissas e as hipóteses do projeto mediante entrevistas conduzidas diretamente com alguns dos principais os stakeholders ligados ao setor, a saber: órgãos gestores do poder concedente (aqueles ligados ao setor de transporte público de passageiros por ônibus), além de empresários do setor, agências ambientais do estado e municípios, universidades e especialista do setor de energia e meio ambiente.

Foi realizada uma pesquisa de benchmark, com entrevistas via Plataforma Meet no período de 22 de julho de 2022 à 25 de julho de 2022, com os seguintes interlocutores

- André Dantas, superintendente de Mobilidade da Prefeitura de Belo Horizonte;
- Felipe Pinto, chefe do Serviço de Controle da Poluição Veicular do INEA;
- Luiz Henrique Sanches, consultor da área de combustíveis;
- Márcio D'Agosto, doutor em Engenharia de Transportes pela Coppe/UFRJ.
- Olímpio de Melo Alvares Junior, consultor do SPUrbanuss (Sindicato das Empresas de Transporte Coletivo Urbano de São Paulo);
- Ronaldo Caetano, empresário e diretor da Viação Nossa Senhora do Amparo;
- Sérgio Muros, diretor da área de estudos do Detro-RJ;

O benchmark pode ser entendido como sendo um marco de referência, um referencial comparativo, podendo ser quantitativo, representado por um resultado, ou qualitativo, representado por uma prática. Ele compara o desempenho de processos, práticas ou produtos com similares mais eficazes e eficientes, interna ou

externamente, com o objetivo de entender as práticas que conduzem ao desempenho superior, adaptá-las e implementar melhorias significativas (SOUZA, SILVA, 2019).



## 4 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE INFORMAÇÃO

### 4.1 Análise do setor

Para uma análise assertiva de qualquer viabilidade futura, é essencial o entendimento do atual panorama do transporte no Brasil, e uma minuciosa comparação ao restante do mundo e o que já está disponível no mercado no que se refere a fontes alternativas e de baixo carbono.

#### 4.1.1 A matriz energética nacional e sua aptidão para a transição na emissão de baixo carbono (aplicada ao setor de transportes)

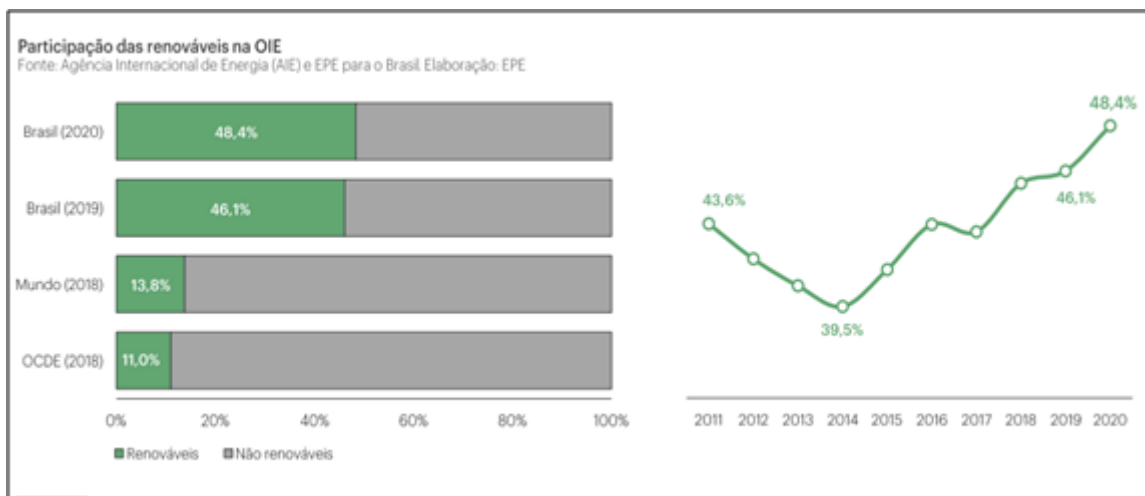
Para falar sobre o tema, entender a diferença entre matriz energética e matriz elétrica é de suma importância. A matriz energética representa o conjunto de fontes de energia disponíveis de um país, já a matriz elétrica é formada pelo conjunto de fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica. Assim, podemos concluir que a matriz elétrica é parte que compõe a matriz energética.

##### a) Matriz Energética Nacional

O Brasil tem uma das matrizes energéticas mais renováveis do mundo. Conforme publicado pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE, no relatório síntese do Balanço Energético Nacional (BEN 2021), as fontes de energia renováveis chegaram a 48,4% em 2020. O número é alavancado pelo uso de fontes tradicionais, como derivados da cana-de-açúcar (19,1%), hidráulica (12,6%) e lenha e carvão vegetal (8,9%), e também com a participação da eólica (1,7%) e da solar (0,3%), que já possuem significativas produções agregadas.

O Brasil está na vanguarda em relação a outros países nessa comparação. A Oferta Interna de Energia (OIE), conforme mostra os dados publicados pela IEA, em 2018, somente 14% da matriz energética mundial era sustentável. Os valores reduzem para 11% quando tomamos com base apenas os países membros da Organização para comparação de desenvolvimento econômico (OCDE) no mesmo período (GRÁFICO 3).

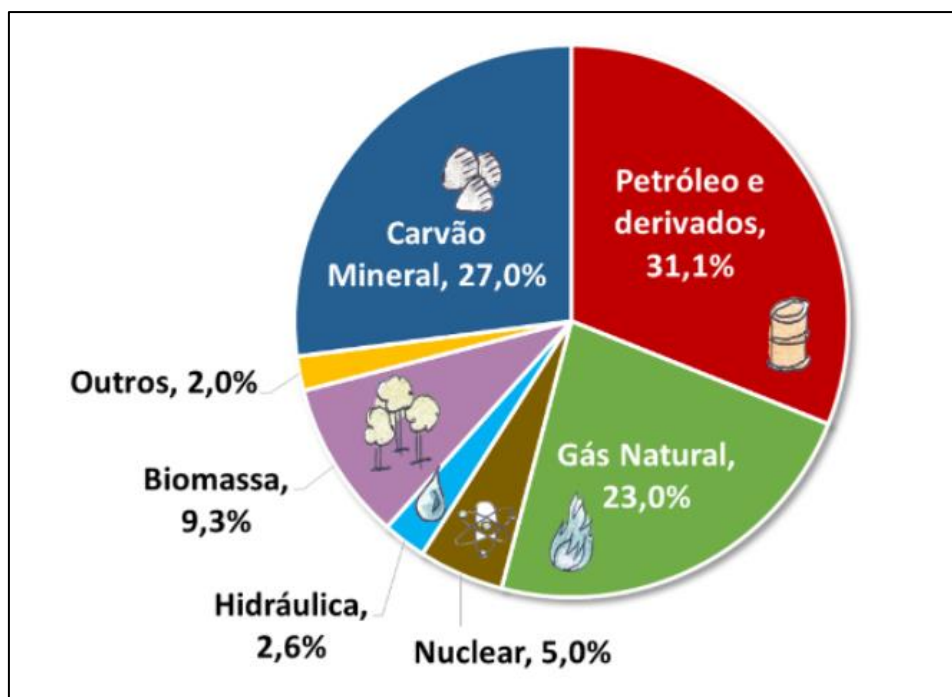
Gráfico 3 – Participação de Energias Renováveis na OIE



Fonte: EPE (2020)

De acordo com a publicação feita em 2011 pela International Energy Agency - IEA em 2021, o restante do mundo possuía em 2019, uma matriz energética composta, principalmente, por fontes não renováveis, como o carvão, petróleo e gás natural, segue gráfico 4 ilustrando:

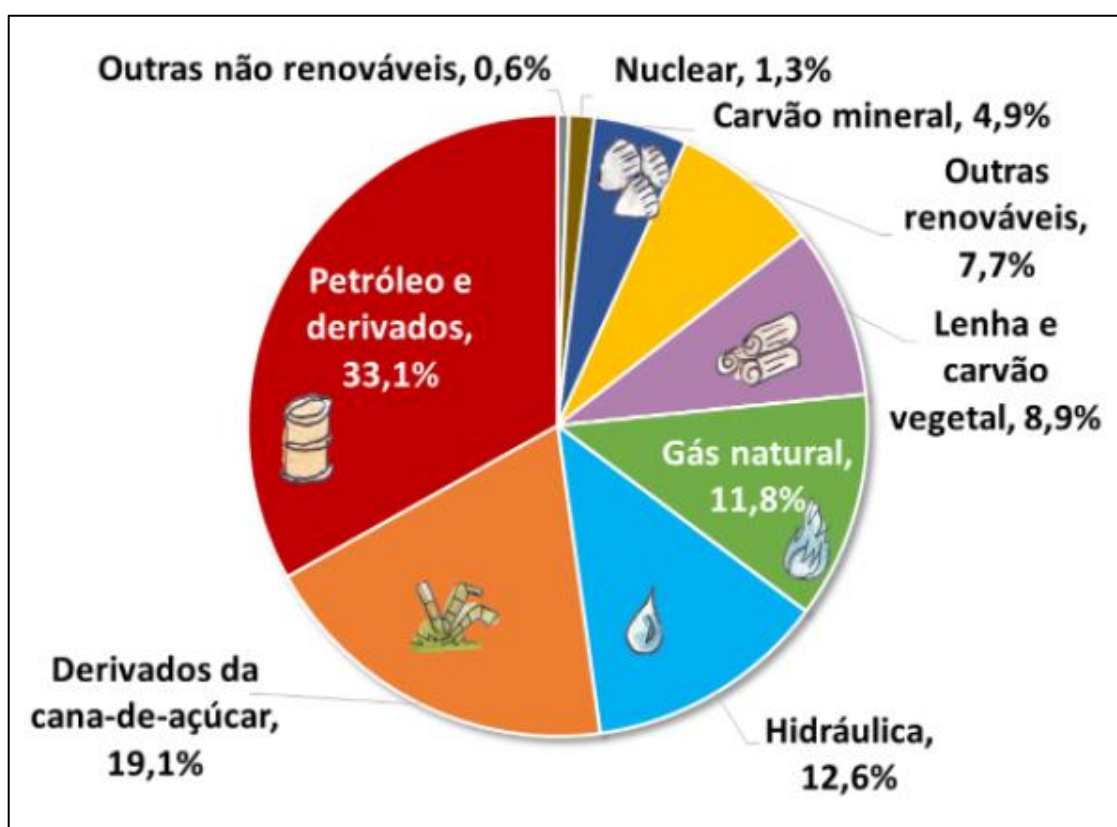
Gráfico 4 – Matriz Energética Mundial 2019 (IEA, 2021)



Fonte: IEA (2021)

Já a matriz energética brasileira é muito diferente. Aqui, apesar do consumo de energia de fontes não renováveis ainda ser maior do que o de renováveis, seu uso é muito superior que no resto do mundo (Gráfico 5). Somando lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana e outras renováveis, nossas renováveis totalizam 48,3%, quase metade da nossa matriz energética:

Gráfico 5 – Matriz Energética Brasileira 2020 (BEM, 2021)



Fonte: IEA (2021)

#### b) Plano Nacional de Energia (PNE)

Aprovado em 16 de dezembro de 2020, pelo Ministério de Minas e Energia (MME), e elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050) é um instrumento de apoio para desenvolvimento da estratégia de longo prazo em relação à expansão do setor de energia. Atualmente o setor de transportes corresponde a 1/3 do consumo final de energia no Brasil. Além de sua relevância no consumo energético e dos diversos impactos ambientais associados, o setor de transportes tem ampla relevância e abrangência econômica e social, englobando aspectos como a mobilidade de pessoas, o escoamento da produção agrícola, a logística de exploração, o abastecimento de insumos para

indústria, etc. Historicamente, o transporte de carga e passageiros no Brasil tem sido primordialmente realizado pelo modo rodoviário, resultado de um modelo baseado no veículo individual (no caso de passageiros) e no caminhão (no caso de cargas) (PNE 2050).

O crescimento populacional das cidades e da renda per capita traz desafios relacionados à movimentação de pessoas que demandam por mais acesso a serviços e produtos, repercutindo diretamente nos serviços de transporte, com efeitos sobre aumento da frota de veículos, maior congestionamento, acidentes de trânsito, poluições sonora e atmosférica e maior consumo de combustíveis. No Brasil, assim como em outros países emergentes, há o desafio de se evitar o aumento da mobilidade de passageiros, demasiadamente centrada no uso do automóvel. A Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), ao visar a integração dos diferentes modos de transportes e melhoria de mobilidade de pessoas e cargas nos municípios brasileiros, evidencia a complexidade em atenuar as externalidades negativas associadas ao uso intensivo do automóvel sobre a qualidade de vida das pessoas nas cidades (PNE 2050).

#### c) Transição Energética no Setor de Transportes

Para que uma transição energética ocorra, diversas alternativas tecnológicas são necessárias para que esse processo se concretize e representam vias para substituição dos motores a combustão interna e mitigação dos efeitos no âmbito das mudanças climáticas. Entretanto, no Brasil, a promoção de medidas de eficiência, com a continuidade de programas como o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) e Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBVE) e a busca por uma matriz de transporte mais equilibrada também contribuem para o atingimento destes objetivos. Embora o transporte de carga e passageiros em veículos pesados seja feito por sua maioria pelo modo rodoviário, em desfavor dos modos ferroviário e hidroviário e haja grande participação do transporte individual, existem perspectivas de avanços no uso dos VLTs, metrô e outros modos de transporte não motorizados nas grandes cidades, contribuindo para ganhos sistêmicos de eficiência energética na matriz de transporte brasileira. Novas tecnologias que modifiquem o atual sistema de propulsão dos veículos representam

transformações industriais e econômicas paradigmáticas no setor de transportes. Em particular, o ritmo de entrada das novas rotas tecnológicas veiculares são incertezas críticas que impactam diversas cadeias energéticas e industriais. Uma mudança nos veículos para a propulsão elétrica seria um marco, mas requer alterações significativas em cadeias industriais, nichos de mercado, mudanças culturais nas corporações e incentivos governamentais, além de mudanças legislativas, (PNE 2050).

A eletromobilidade será sem sombra de dúvidas um grande agente de mudanças. Os principais desafios para sua implementação compreendem: identificação de nichos de mercado prioritários para sua promoção, a identificação de oportunidades e barreiras da cadeia industrial, incluindo o fornecimento de matérias-primas e insumos, estruturação da rede elétrica para minimizar, distribuição de infraestrutura de postos de recarga, aspectos mercadológicos e regulatórios relacionados ao descarte, reuso e reciclagem das baterias, aspectos econômicos e culturais associados à posse de veículos pelos cidadãos e as condições do mercado automobilístico brasileiro frente ao mercado mundial. Apesar de sua importância para a perspectiva do setor de transportes, não é possível definir precisamente quando a transformação ocorrerá, (PNE 2050).

#### d) Emissão de Baixo Carbono

A atividade de transportes é a maior consumidora de Energia no Brasil. É também, a mais expressiva emissora de gases de efeito estufa provenientes da queima de combustíveis. Um total de 90% todos os municípios fluminenses e municípios brasileiros têm no transporte sua maior fonte de emissões dentro do setor de Energia. Por isso, ações de redução a nível local são fundamentais, sobretudo considerando que o poder municipal possui importantes atribuições para promovê-las. Foram listadas soluções focadas na mobilidade urbana, que utilizam estratégias como planejamento territorial, redução da utilização de meios de transporte motorizados, favorecendo a mobilidade ativa e o uso de transporte coletivo. A diminuição das emissões de gases de efeito estufa (GEE) têm sido apontados como os principais objetivos associados a uma transição para uma economia de baixo carbono, definida como aquela que possui uma geração mínima de GEE na biosfera, com baixo consumo de energia, baixa poluição ambiental e baixas emissões de carbono. Porém,

existem diversos meios possíveis para atingimento destes objetivos. frequentemente, os países buscam reunir seus esforços de descarbonização sobre uma estratégia que melhor se adapte as suas realidades e traga vantagens em termos socioeconômicos e ambientais, (BEN 2021).

No contexto brasileiro do setor elétrico, os diversos mecanismos para redução de emissões se voltaram factualmente para as fontes e oferta de energia, com algumas exceções. Estas ações resultaram em uma matriz elétrica preponderante renovável. Mas cabe destacar que, em muitos casos, os mecanismos não tinham o objetivo inicial de reduzir emissões. No âmbito dos combustíveis, o Brasil construiu políticas de incentivo à produção e uso de biocombustíveis, como o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), o Programa Nacional do Álcool (PROALCOOL), e, mais recentemente, o RenovaBio. Assim, o País tem se colocando entre os maiores produtores e consumidores de biocombustíveis no mundo. Destaca-se que estas políticas foram implementadas fatores de segurança energética, principalmente, e ambientais relativas ao aquecimento global (PNE 2050).

O desenho da transição para economia de baixo carbono deve ser vantajoso, abrangente e inclusivo, mantendo os preceitos de segurança energética, de forma a incorporar novas alternativas que reduzam a intensidade de carbono na economia, além de considerar o uso de biocombustíveis, as possibilidades de eletrificação dos transportes e o desenvolvimento de cidades inteligentes. Outro caminho para transição energética é o hidrogênio verde é apontado pela Agência Internacional de Energia (IEA, na sigla em inglês) como uma das fontes de energia com maior potencial de inovação. Já é tratado como combustível do futuro, sendo parte da estratégia energética de ao menos 33 países, de acordo com o Conselho Global de Energia Eólica (GWEC, na sigla em inglês). Com o intuito de facilitar a viabilidade desse mercado, empresas estrangeiras têm investido em parcerias no Brasil, com foco na aptidão nacional dos setores eólico e solar. (PNE 2050).

#### e) Biocombustíveis

A expectativa é que a demanda por biocombustíveis aumente progressivamente, principalmente após à implementação da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), que entrou em vigor no início de 2020, e tem como objetivo contribuir para a regularidade do abastecimento, assim como para o aumento

da diversidade dos diferentes biocombustíveis no mercado nacional. A RenovaBio, cria um mercado de créditos de carbono (CBIO) para o setor de transportes, na qual quem é obrigada a adquiri-los é a distribuidora de combustíveis. Os biocombustíveis considerados nesse programa são: etanol anidro e hidratado (de primeira e de segunda geração); biodiesel; biometano, bioquerosene de aviação (bioQAV), e também biocombustíveis alternativos, (PNE 2050).

Há uma tendência de aumento da participação do etanol de 1ª geração e do biodiesel na matriz de transportes, assim como o desenvolvimento da produção competitiva dos demais biocombustíveis considerados nesta política, principalmente pelas políticas de misturas obrigatórias. Nessa linha, novas matérias-primas deverão ser usadas como opção no processo produtivo, variando ainda mais o mix de insumos e ajudando para a interiorização da produção nacional de biocombustíveis, assegurando o emprego e da renda no campo, assim como para a redução das emissões de carbono no transporte de combustíveis. Assim, o aumento da produção e do uso de biocombustíveis poderá aumentar proporcionalmente a oferta de coprodutos e, com isso, direcionar ao aumento da oferta de biomassa como matéria-prima como insumo para geração de energia elétrica (PNE 2050).

#### 4.1.2 Fontes de energia alternativa aplicáveis ao transporte por ônibus

Com base nos sinais de mudanças climáticas que vêm ocorrendo no mundo, cientistas e sociedade civil se mobilizam em busca de soluções, desde a reciclagem de materiais e o tratamento do lixo até a utilização de fontes de energia mais limpas. Enquanto isso, sistemas de propulsão alternativos vêm sendo implantados em várias cidades do mundo (COPPE, 2012).

Segundo pesquisa global realizada pela Coppe (2011) no intuito de identificar todos os combustíveis alternativos com propulsão convencional, indicando diesel, biodiesel, diesel de cana, etanol, gás natural e HVO empregados em sistemas de propulsão para ônibus utilizados internacionalmente, descreve as potenciais alternativas passíveis de utilização no sistema de transporte coletivo por ônibus do estado do Rio de Janeiro, tendo sido divididas entre aquelas com sistema de propulsão convencional (SPC) e as de sistema de propulsão alternativo (SPA), conforme itens a seguir:

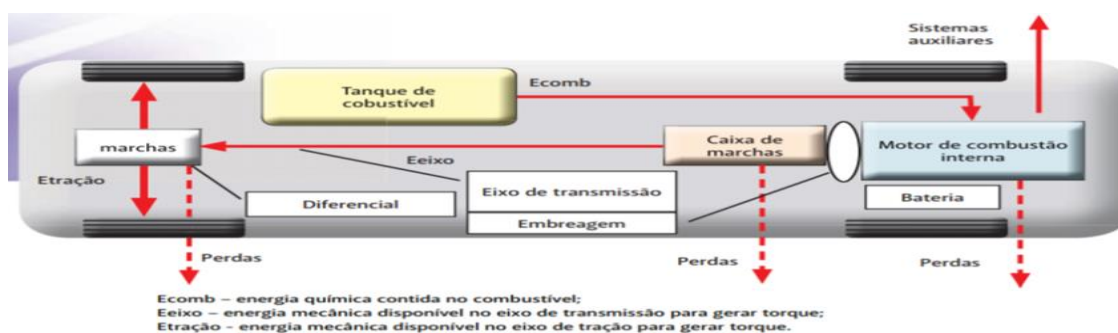
### a) Sistema propulsor convencional

A comparação entre o uso de combustíveis de melhor qualidade, como o diesel de baixo teor de enxofre e o gás natural, ou combustíveis alternativos, como o etanol e o biodiesel; e o óleo diesel de petróleo convencional, este último utilizado em veículos com ou sem sistema de pós-tratamento de gases de exaustão foram o foco dos estudos internacionais (COPPE 2012).

Foram considerados aspectos de custo (de capital, manutenção e operação), de rendimento energético e de emissões de poluentes atmosféricos, de forma isolada ou conjunta. Pode-se observar que testes com veículos convencionais, que utilizam sistemas de pós-tratamento para gases de exaustão (como filtros de partículas e catalisadores) foram realizados com o intuito de verificar o potencial de redução de emissões de poluentes atmosféricos, verificando-se, no caso do MP, uma redução de até 99% (IEA, 2002).

Trata-se de sistema que transforma a energia química do combustível em energia mecânica e um sistema de transmissão mecânica que transmite a potência e o torque do motor para as rodas (Figura 7). É caracterizado por equipar a maioria dos veículos rodoviários em todo o mundo e 100% dos ônibus urbanos utilizados comercialmente no Rio de Janeiro (COPPE, 2012).

Figura 7 – Sistema de propulsão convencional



Fonte: COPPE (2012)

#### a.1) Diesel:

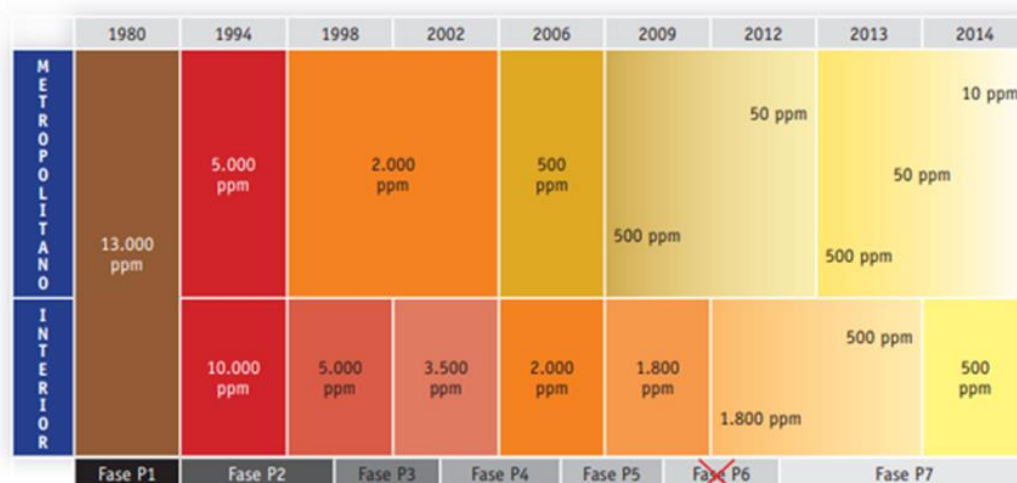


Segundo consta no Relatório Diesel + Limpo S50, os veículos a diesel no Brasil evoluíram bastante nos últimos anos, desde a criação do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – Proconve, instituído pelo Conama, através da Resolução nº 18, de 6 de maio de 1986. O Proconve tem como objetivos: respeitar os padrões de qualidade do ar, especialmente nos centros urbanos; promover o desenvolvimento tecnológico nacional, tanto na engenharia automobilística, como em métodos e equipamentos para ensaios e medições da emissão de poluentes; criar programas de inspeção e manutenção para veículos automotores em uso; desenvolver a conscientização da população com relação à questão da poluição do ar por veículos automotores; estabelecer condições de avaliação dos resultados alcançados; e aprimorar as características técnicas dos combustíveis líquidos postos à disposição da frota nacional de veículos automotores. Isso tudo com objetivo de reduzir as emissões poluidoras na atmosfera.

A qualidade dos combustíveis também desempenha um importante papel na redução da emissão de gases poluentes no óleo diesel. A diminuição dos níveis de concentração de enxofre, nos últimos 25 anos, contribuiu significativamente para a melhoria da qualidade de vida nas cidades brasileiras. Na década de 80, quando não havia regulamentação, os veículos a diesel utilizavam óleo diesel com 13.000 ppm (partes por milhão) de enxofre, nível elevadíssimo para os atuais limites de emissão. Isso está destacado no estudo que consta no Relatório Diesel S50.

A partir de 1994, passaram a existir dois tipos de óleo diesel comercializados no Brasil, segundo a região de consumo do combustível e a concentração de enxofre: o óleo diesel metropolitano, fornecido com menor teor de enxofre nas regiões metropolitanas, que apresentam grande concentração de pessoas e veículos e maiores problemas de poluição atmosférica; e o óleo diesel interior, utilizado no interior do país, com concentração mais alta de enxofre. A figura 8 mostra a evolução dessa concentração no óleo diesel fornecido no Brasil. A quantidade de 50 ppm de enxofre, no combustível que atualmente abastece a frota de ônibus do município do Rio de Janeiro, significa uma redução de 99% do teor de enxofre do óleo diesel nacional, nestes últimos anos de inovações tecnológicas do setor

Figura 8 – Sistema de propulsão convencional



Fonte: COPPE (2012)

Outro ponto destacado no trabalho da Coppe é que se verificou que, em relação ao veículo diesel convencional, o primeiro apresenta um custo operacional que varia de – 2% a + 40% e um custo de manutenção que varia de -6% a +29%. Cabe ressaltar, que a pequena redução do custo de operação.

#### a.2) Biodiesel:

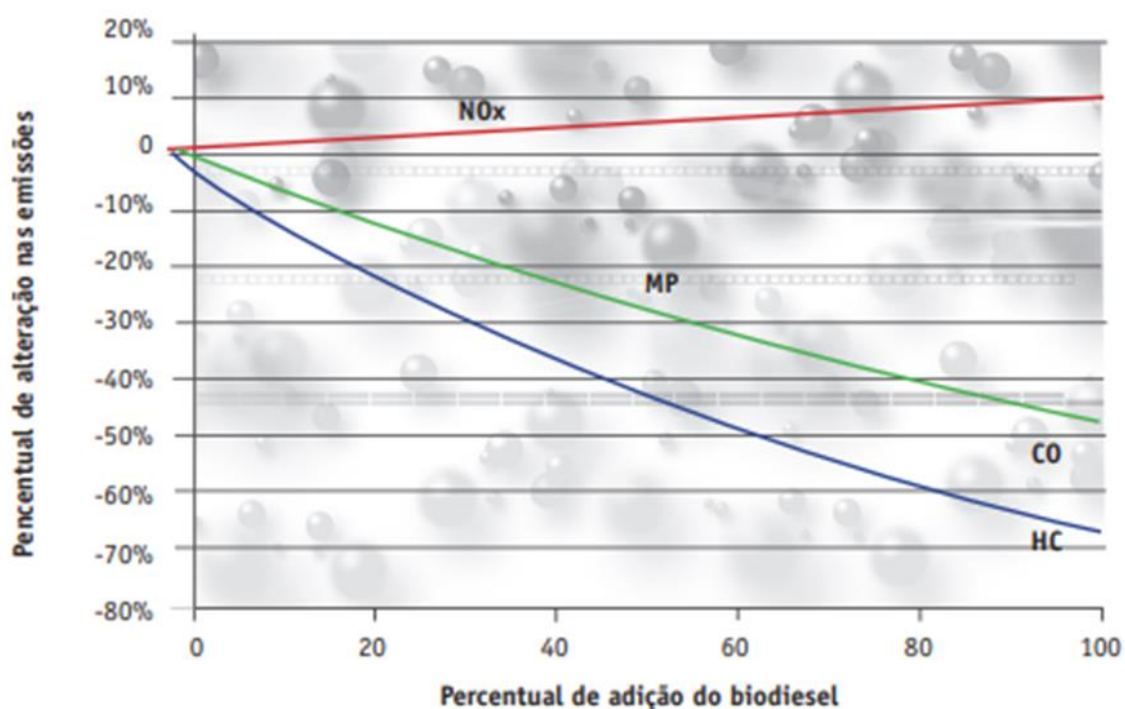
O biodiesel é um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis (como biomassa, resíduos industriais e até mesmo esgoto sanitário), criado para representar uma alternativa tecnológica aos combustíveis de origem fóssil, podendo ser utilizado em motores a combustão interna (com ignição por compressão, sem a necessidade de uma modificação mecânica) ou para geração de outro tipo de energia (conforme regulamentação e especificações da Agência Nacional de Petróleo - ANP). Para que seja produzido, óleos vegetais e gorduras animais (principais componentes do biodiesel) são submetidos à reação química de transesterificação, onde os componentes reagem na presença de um catalizador (usualmente uma base) com um álcool (usualmente metanol), gerando estéreis correspondentes (Knothe et al., 2006). Ou seja, o biodiesel pode ser produzido a partir de uma grande variedade de matérias primas, como vegetais (soja, girassol, mamona, entre outros), gordura animal (geralmente sebo) e até mesmo com óleos de descarte (óleo de fritura usado).

A utilização do biodiesel pode ser observada em adição parcial ou utilização total nos motores automotivos do ciclo diesel (caminhões, tratores, automóveis, entre

outros) ou em fontes estacionárias do ciclo diesel (geradores de eletricidade, de calor, entre outros).

A sua mistura ao diesel convencional pode ser realizada em diferentes escalas, podendo ser observada em 5% (B5), 10% (B10), 20% (B20) e até em 100% (B100). A vantagem da utilização do biodiesel, além de ser uma fonte de energia renovável oriunda principalmente do cultivo de plantas oleaginosas, está na diminuição da emissão dos gases poluentes (entre eles o material particulado) e no aumento da lubricidade quando misturado ao diesel convencional. Entretanto, quando adicionado em misturas superiores a 20% (B20), é possível que ocorra diminuição da autonomia (km/l) dos veículos, aumento da temperatura dos motores e a possibilidade de proliferação bacteriana nos tanques de armazenamento. Outra significativa desvantagem está relacionada ao aumento de custo operacional, considerando que a aquisição do biodiesel é superior em pelo menos 15% (FEDERAÇÃO DAS EMPRESAS DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO FETRANSPOR, 2016). (FIGURA 9).

Figura 9- Redução das emissões nos veículos movidos a biodiesel

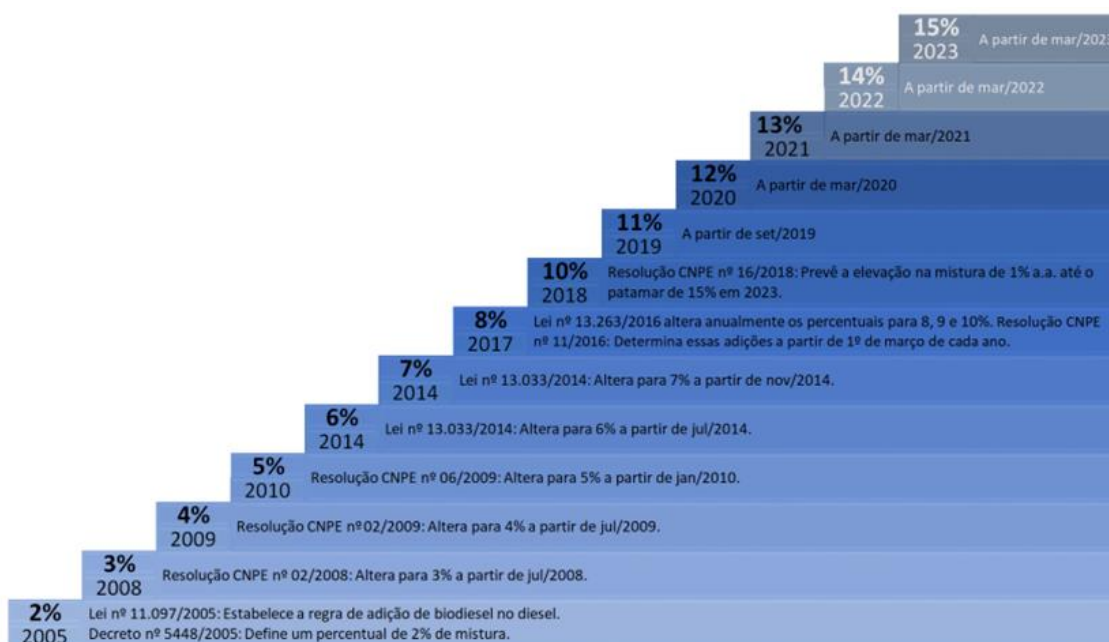


Fonte: IBAMA (2012)

Segundo nota técnica da Empresa de Pesquisa Energética do Ministério de Minas e Energia (EPE/MME, 2021), a Lei nº 13.263/2016 autorizou o Conselho

Nacional de Política Energética (CNPE) a elevar o percentual de biodiesel na mistura, até o patamar de 15%, desde que obedecidas as condicionantes de aprovação de testes nos motores para esse teor. Nesse contexto, a Resolução CNPE nº 16/2018 propôs um cronograma de aumento do percentual de biodiesel na mistura com o diesel de 1% ao ano, atingindo 15%, em 2023. A evolução dos teores de adição obrigatória de biodiesel ao diesel fóssil está detalhada abaixo. (FIGURA 10)

Figura 10 - Evolução do teor percentual obrigatório de biodiesel



Fonte: EPE/MME (2020)

### a.3) Etanol:

O etanol é o biocombustível para transporte mais utilizado em todo o mundo. Em 2015, o consumo de etanol carburante alcançou 98 bilhões de litros, sendo 52,8 bilhões nos Estados Unidos e 29,7 bilhões no Brasil. Já a demanda mundial de biodiesel nesse mesmo ano foi de 30 bilhões de litros.

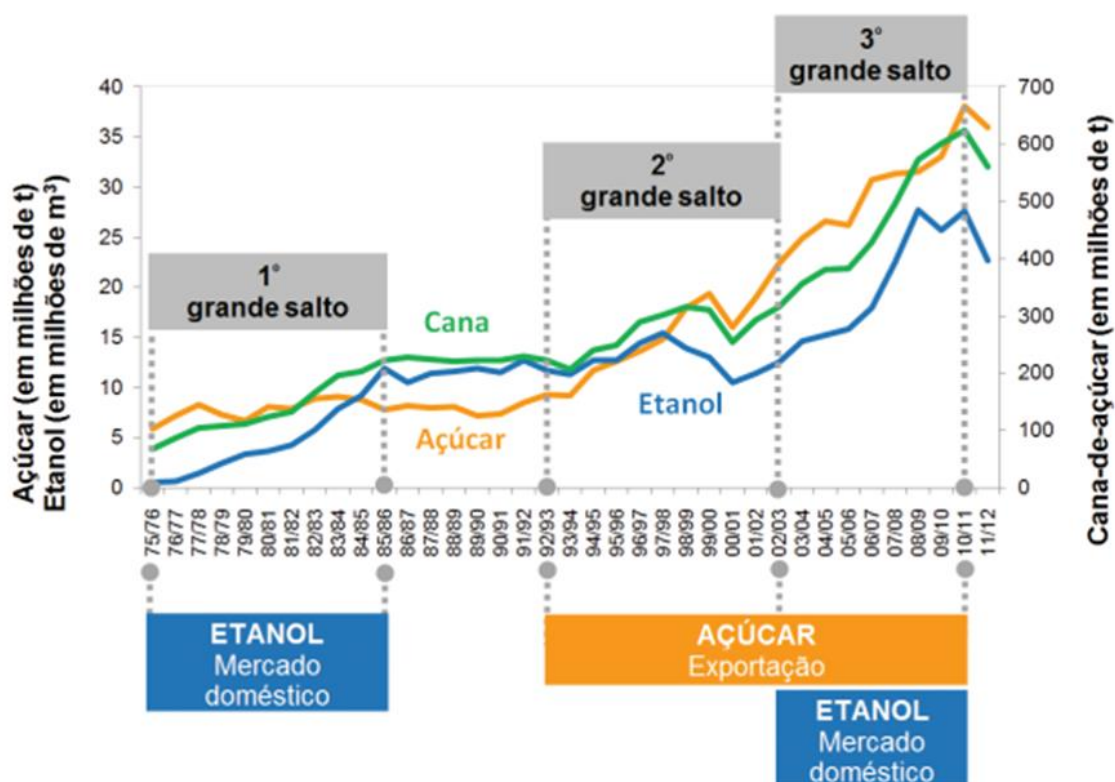
O etanol pode ser produzido a partir de qualquer biomassa que possua quantidades significativas de açúcar ou de substâncias que possam ser convertidas em açúcar, como o amido ou a celulose. Nos processos de primeira geração, o etanol é produzido a partir da fermentação de açúcar por leveduras que convertem açúcares de seis carbonos (principalmente glicose) em etanol. A cana-de-açúcar e a beterraba são exemplos de matérias-primas que já contêm açúcar, sendo necessária apenas a

sua extração para a produção do biocombustível. Já o milho e o trigo contêm amido, que pode facilmente ser convertido em açúcar através de um processo enzimático a altas temperaturas. É importante destacar que, tanto os microorganismos necessários para a conversão do amido em glicose, quanto para a fermentação dessa glicose, estão disponíveis em escala comercial.

Nos processos de segunda geração, diversos materiais compostos de celulose e hemicelulose, como árvores, gramíneas e resíduos de colheitas, são também convertidos em açúcares e, posteriormente, em etanol. No entanto, tal processo é bem mais complexo e apresenta um maior grau de dificuldade do que as tecnologias convencionais. O material celulósico geralmente é convertido não somente em açúcares de seis átomos de carbono (glicose), mas também de cinco (pentose), o que demanda microorganismos especiais para a fermentação completa. Muito embora tenha havido consideráveis progressos nos últimos anos, a obtenção de etanol celulósico ainda se encontra em fase de pesquisa e desenvolvimento, o que deverá resultar em uma produção de etanol mais eficiente.

As desvantagens relacionadas ao etanol tradicional estão diretamente associadas aos frequentes aumentos dos preços dos combustíveis, indicando a necessidade de ajustes sobre a produção e o consumo do etanol brasileiro, tendo em vista os transtornos socioeconômicos que podem ser gerados, entre eles o aumento dos latifúndios monocultores de cana-de-açúcar, a inflação nos valores de alguns gêneros alimentícios, o esgotamento do solo e incidência de erosão. (FIGURA 11).

Figura 11 - Evolução da produção brasileira de cana, açúcar e etanol e os motivos dessa expansão.



Fonte: Cortez (2015)

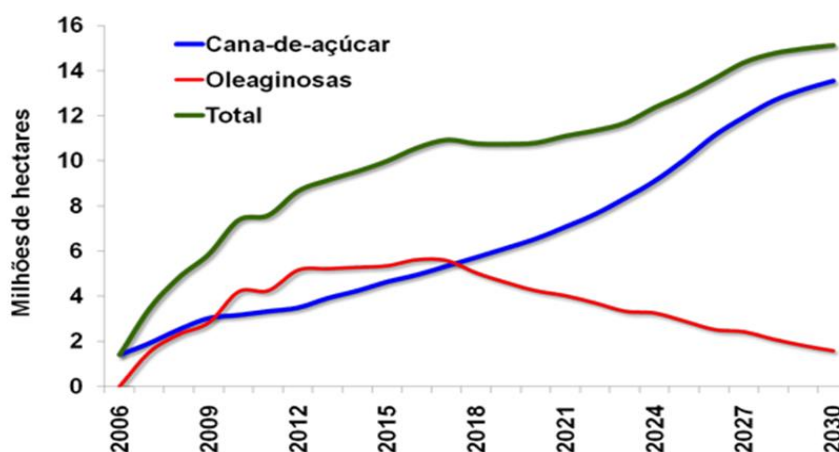
#### a.4) Diesel de Cana:

O Diesel de cana (também chamado de AMD) é um hidrocarboneto ( $C_{15}H_{32}$ ) fabricado do caldo de cana-de-açúcar, num processo parecido com a produção de etanol, porém utilizando uma tecnologia desenvolvida pela empresa 'Amyris Brasil Ltda', onde o xarope da cana passa por um processo de fermentação provocada por uma levedura geneticamente modificada, gerando um hidrocarboneto chamado de 'farmaceno'. Este hidrocarboneto tem propriedades muito semelhantes ao Diesel fóssil.

A mistura de diesel de cana recebe nomenclatura semelhante a do biodiesel, sendo assim, o AMD10 corresponde a 10% de diesel de cana e 90% do diesel convencional. Em testes realizados com o AMD10, AMD30 e AMD100 (Fetranspor, 2013) ficou constatado que a mistura AMD30 (30% de diesel de cana) obteve resultados referentes a rendimento energético [km/l], consumo específico de combustível [l/pass.km] e opacidade [ $m^{-1}$ ] estatisticamente equivalentes aos determinados para o B5 (5% de biodiesel). Já em 2015, o AMD100 (100% de diesel de cana) foi testado em ônibus articulados do sistema BRT, cujos resultados indicaram

para uma possível equivalência para o rendimento energético em Km/l dos veículos convencionais. (FIGURA 12)

Figura 12 - Estimativa da área necessária para a produção de biocombustíveis.



Fonte: BiodieselBR (2011)

#### a.5) Gás Natural:

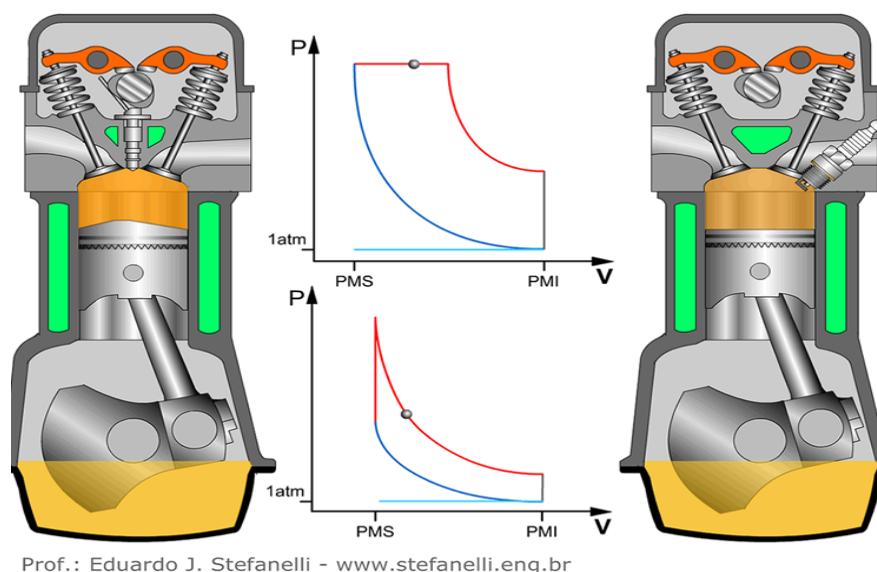
O GNV, sigla para gás natural veicular, já foi testado em veículos pesados em inúmeras capitais do país, tendo o Brasil a segunda maior frota de veículos leves movidos a gás natural, com cerca de 700 mil unidades. Sendo assim, muitas experiências e esforços já foram realizados para a inserção do gás natural veicular em operações de transporte com coletivos urbanos, motivadas principalmente pelos benefícios ambientais da tecnologia que tende a emitir, potencialmente, mais CO e HCT e menos NOx, SOx, MP e PAH's em comparação com os veículos a diesel, sem considerar o potencial de redução do ruído característico dos motores diesel e ser um possível impulsionador do processo de barateamento das tarifas de transporte público urbano pois disponibilização de um combustível mais barato, associado a uma tecnologia para operação adequada, poderia permitir uma redução significativa da tarifa de transporte (CONCEIÇÃO, 2006).

Dentre os entraves para a substituição da atual tecnologia, frequentemente é destacada a necessidade de melhoria da infraestrutura de abastecimento. Inclusive recentemente a Comissão de Transportes da Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro Alerj (2021) publicou em audiência que uma maior participação do gás

natural veicular no transporte público coletivo enfrenta dificuldades relacionadas à infraestrutura dos postos de combustíveis e a velocidade do abastecimento, tendo em vista que os ônibus abastecem uma vez por dia e para usar o Gás natural veicular GNV em larga escala, sendo necessária a aquisição de equipamentos para pressão adequada e velocidade para abastecimento durante a noite, já que os veículos são abastecidos nas garagens das empresas.

É provável que para uma frota significativa de ônibus a gás será necessário instalar pontos para abastecimento de GNV no trajeto dos coletivos ou em terminais, em especial para as linhas com extensão mais longa. Outro ajuste importante é sobre as novas possibilidades de financiamento, considerando que o custo para aquisição dos ônibus a GNV são maiores que dos veículos a diesel, além da alteração mecânica dos motores e de seus processos de manutenção preventiva e corretiva, tendo o GNV com o ciclo Otto. (FIGURA 13).

Figura 13 - Comparação do ciclo Diesel com o ciclo Otto no motor de quatro tempos.



Fonte: Stefanelli (2018)

#### a.6) HVO:

Também conhecido como o diesel verde, o HVO é a sigla para Hydrotreated Vegetable Oil, traduzido como óleo vegetal hidrotratado. Por ser classificado como um diesel verde, o combustível desponta como uma das alternativas mais promissoras para uma transição energética. Produzido a partir de óleos vegetais em contato com o hidrogênio sob alta pressão, que neste processo específico, possibilita a utilização

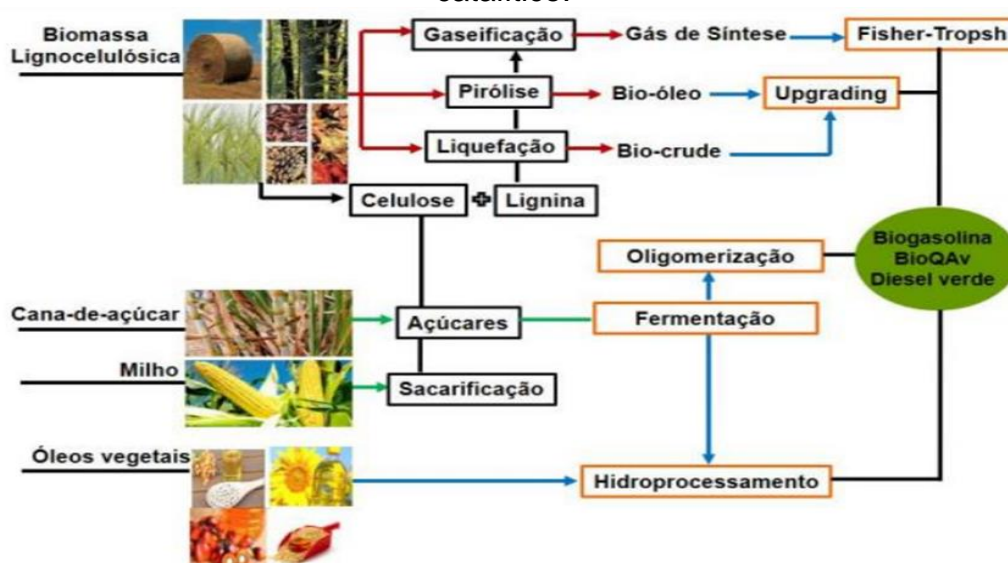


de uma grande variedade de matérias-primas que, inclusive, não competem com a produção de alimentos.

O diesel verde vem sendo internacionalmente produzido e regulamentado. Estando presente nos Estados Unidos da América (EUA), em alguns países europeus (como Finlândia, Itália e Holanda) e em países asiáticos (como Singapura), estando completamente inserido na intenção de expansão do uso de biocombustíveis na matriz energética brasileira, com vistas à segurança energética, mitigação das emissões de GEE – Gases do Efeito Estufa e previsibilidade para a participação competitiva dos diversos biocombustíveis no mercado nacional de combustíveis (ANP, 2020).

O novo diesel verde apresenta maior estabilidade para o armazenamento em grande escala e pode ser usado em motores do ciclo diesel sem as frequentes modificações de mistura exigidas pelo éster de ácidos graxos. Sob o aspecto ambiental, este biocombustível apresenta menores emissões de GEE e de outros poluentes, como enxofre e NOX, em comparação ao diesel fóssil e biodiesel base éster (REG, 2019). Como exemplo, o HVO contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa em cerca de 50%, em relação ao diesel fóssil, podendo atingir até 90%, segundo seus fabricantes (SCANIA, 2019) (FIGURA 14).

Figura 14 - Rotas de obtenção de biocombustíveis drop-in utilizando diferentes fontes de biomassa: Processos térmicos, rota bioquímica e processamento catalítico.



Fonte: EPE (2020)

b) Sistema propulsor alternativo :

No sistema propulsor alternativo, foram realizadas comparações entre veículos convencionais movidos a óleo diesel e veículos híbridos (diesel-elétricos) e/ou veículos elétricos a célula combustível (movidos a hidrogênio). Pode-se verificar que tais pesquisas tiveram como foco: custo, rendimento energético e emissões de poluentes atmosféricos de forma isolada ou em conjunto.

Nos veículos híbridos diesel-elétricos, os estudos analisados apresentaram resultados de rendimento energético variando entre -11% a +37% e de custos operacionais variando entre + 46% a + 92% em relação aos veículos convencionais movidos a óleo diesel. Em relação ao custo de manutenção, verificou-se um aumento de +76% a +150% quando comparados aos veículos convencionais movidos a diesel. (COPPE, 2012)

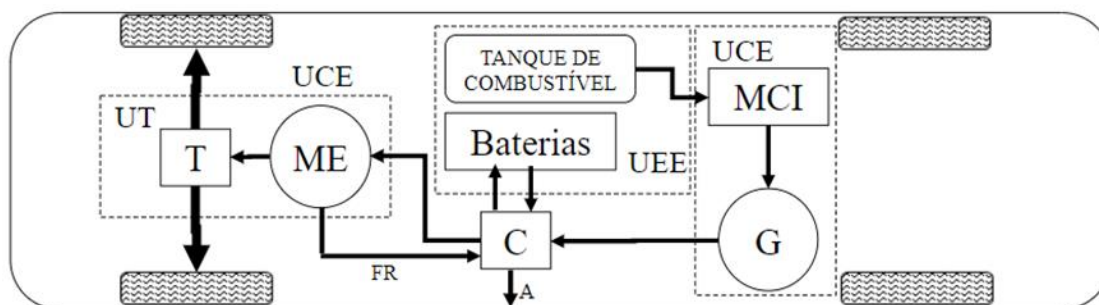
Com relação às emissões de poluentes atmosféricos observa-se que as experiências analisadas mostram redução na emissão de CO (entre 70% e 90%), HC(entre 80% e 90%) e MP (cerca de 90%). No caso do NOx, não foi possível verificar tendência de redução.

#### b1) Ônibus elétrico híbrido:

A possibilidade de minimizar os impactos ambientais causados pelo uso de combustíveis fósseis e, ao mesmo tempo, ampliar a segurança energética do país, diminuindo os impactos causados pelos constantes aumentos no preço do óleo diesel, induzem as buscas por novas alternativas energéticas, com ênfase, entre outras, na eletromobilidade, devido a matriz energética nacional, considerada uma das mais limpas do mundo (MME, 2020), e ao potencial renovável da matriz elétrica brasileira, oriunda primordialmente (65,2%) das usinas hidroelétricas (BEN, 2021).

Neste contexto, os ônibus híbridos costumam possuir um motor a combustão interna (MCI) menor que o convencional, porém com maior eficiência, e mais um motor elétrico (ME), para disponibilizar potência quando o MCI estiver em operação com baixa rotação, ou temporariamente inativo. Nestas situações, o veículo poupa energia e reduz emissões, uma vez que está sendo movido sem a queima de combustíveis fósseis. Além disso, nesse sistema é possível recuperar a energia das frenagens, por meio da frenagem regenerativa, e armazená-la nas baterias do veículo (D'AGOSTO, 2015). (FIGURA 15).

Figura 15 - Ônibus com sistema de propulsão híbrido-elétrico em série



Legenda - T: Mecanismo de tração; ME: Motor elétrico; C: Controlador; G: Gerador; MCI: Motor de combustão interna; UT: Unidade de tração; UEE: Unidade de estocagem de energia; UCE: Unidade de conversão de energia; FR: Freio regenerativo; A: Carga dos acessórios

Fonte: PET/COPPE/UFRJ (2021)

Os formatos de ônibus híbridos mais comuns são elétrico-diesel, elétrico-GNV, elétrico-hidrogênio e diesel-GNV. A combinação elétrico-diesel ocorre com a possibilidade de ser híbrido série ou híbrido paralelo. No primeiro o motor elétrico é responsável pela locomoção do veículo, enquanto que o motor a combustão é apenas um auxiliar para recarga da bateria. Já no híbrido paralelo, as duas fontes podem ser independentes ou combinadas e ambas atuam em prol da locomoção do ônibus (ARIOLI, 2010).

#### b2) Ônibus elétrico a bateria:

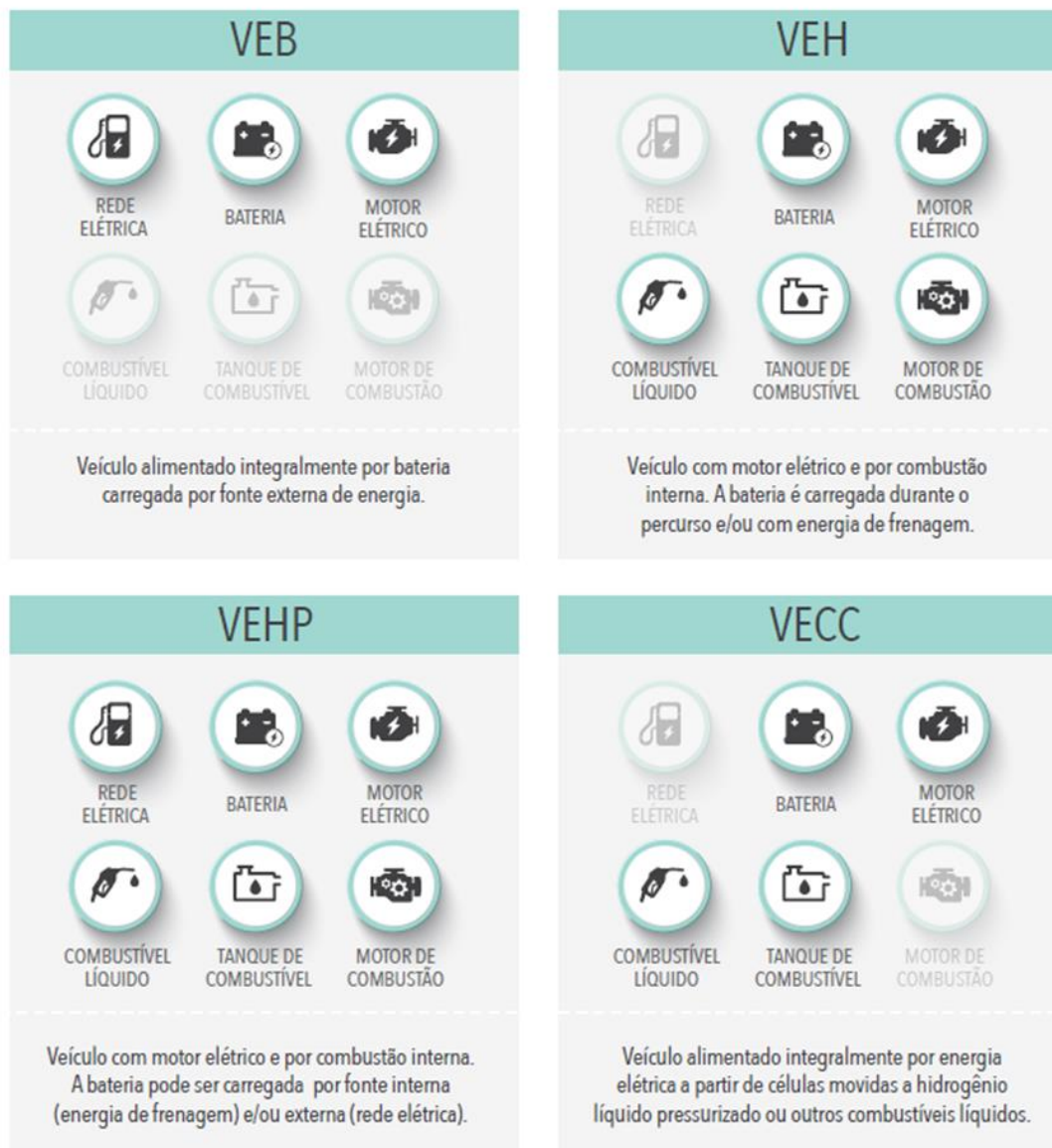
O avanço tecnológico vem permitindo a utilização da eletromobilidade tanto para os veículos leves quanto para os pesados, ganhando abrangência e notoriedade também no transporte rodoviário de passageiros e de cargas, devido principalmente às novas condições de autonomia para rodar entre 250 e 300 km após recargas com duração entre 03 e 04 horas.

No que tange aos ônibus elétricos (chamados também de e-buses), o principal destaque é por não gerarem emissões de escapamento e pelo potencial de reduções na emissão de CO<sub>2</sub> ao longo de todo o seu ciclo de vida. No Brasil, a avaliação da geração de energia elétrica para a mobilidade urbana vem se tornando cada vez mais frequente, considerando o potencial de utilização das fontes renováveis da matriz elétrica brasileira (EPE, 2020).

Os veículos elétricos são classificados de acordo com a sua propulsão de baixa emissão Confederação Nacional de Transporte (CNT, 2021), com quatro principais configurações: Veículo Elétrico A Bateria (VEB), veículo elétrico híbrido (VEH),

Veículo Elétrico Híbrido Plug-In (VEHP) e Veículo Elétrico a Célula De Combustível (VECC). (FIGURA 16).

Figura 16 - Classificação dos veículos elétricos



Fonte: CNT (2021)

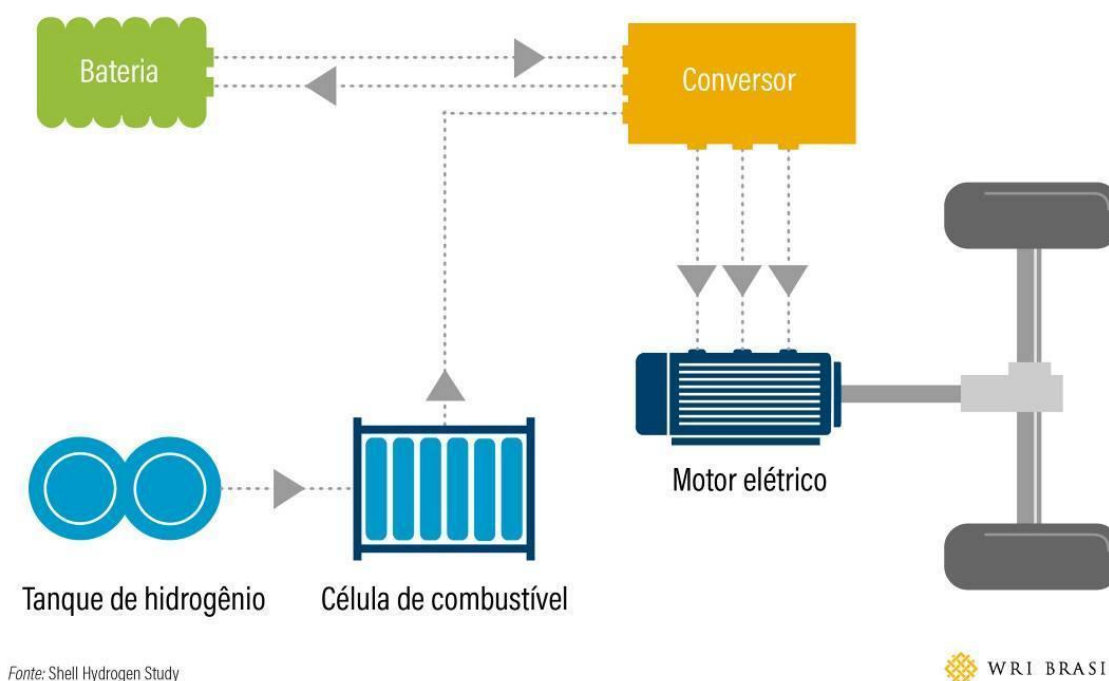
Nos mais diversos testes e projetos internacionais, ficaram evidentes que as políticas regulatórias, os investimentos em infraestrutura de carregamento, os incentivos para aquisição, a divulgação dos resultados e a atuação em diferentes instâncias do poder público são extremamente relevantes para a operação com os veículos elétricos (EPE, 2020).

Dentre os principais benefícios dos ônibus elétricos, pode ser destacada a redução da dependência dos combustíveis fósseis, com a consequente diminuição das emissões de gases poluentes e minimizando os efeitos do aquecimento global, das mudanças climáticas e da ocorrência de doenças cardiorrespiratórias nas regiões metropolitanas; redução da poluição sonora; possibilidade de otimizar a matriz elétrica brasileira e significativa contribuição para a segurança energética nacional. Entre os desafios para implantação dos ônibus elétricos, está a menor autonomia quando comparado aos motores de combustão interna; a necessidade de infraestrutura nas estações de carregamento de energia elétrica; o valor total para aquisição dos e-buses e o tempo de duração, permuta e descarte de suas baterias (CNT, 2021).

### b3) Ônibus elétrico a hidrogênio

O ônibus movido a hidrogênio basicamente utiliza células combustíveis de hidrogênio como fonte de energia para seus motores elétricos. A motivação para testar e implantar a tecnologia partiu da estratégia mundial de introdução de propostas de ônibus movidos a hidrogênio, financiada pela Global Environment Facility.(GEF) O hidrogênio para abastecimento dos ônibus urbanos é obtido pelo processo de eletrólise (procedimento de transformação da energia elétrica em energia química por meio da separação dos elementos da molécula de água com o uso de energia elétrica), que depois de filtrado para atender a especificação de 99,999% de pureza, será comprimido in loco através de compressor de alta potência para ser reservado na forma de gás em tanques de alta tecnologia para suportar 700 bar de pressão (Associação Nacional de Transporte Público ANTP, 2009). (FIGURA 17).

Figura 17 – Esquema básico de propulsão de um ônibus a hidrogênio



Fonte: WRI Brasil (2021)

De todas as células de combustíveis, as que usam hidrogênio como combustível são chamadas de célula combustível de hidrogênio (World Resources Institute WRI 2021). Ela é dividida em três compartimentos, em que na central há uma membrana que permite a passagem do íon  $H^+(aq)$ . Nos lados, há válvulas de entrada e saída e o único resíduo gerado pelo processo é água. Isso significa um veículo silencioso, com eficiência energética muito maior que a dos ônibus convencionais a diesel e com emissão zero de poluentes. O que sai do cano de descarga do ônibus é apenas vapor de água, tão limpo que, se condensado, resultaria em água para consumo.

#### 4.1.3 Impactos da emissão de poluentes na cidade do Rio de Janeiro

A cidade do Rio de Janeiro é conhecida internacionalmente por ser um dos principais destinos turísticos da América do Sul. O estado do Rio de Janeiro faz parte da Região Sudeste, sendo a região mais desenvolvida economicamente do país. A capital Fluminense é a segunda maior metrópole do país, depois de São Paulo (PINHEIRO, 2017). Esta proporção faz com que o estado seja percebido como um espelho nacional, refletindo suas percepções para o mundo, sejam boas ou ruins.

Dentre os aspectos turísticos e culturais, que elevam a percepção da Cidade do Rio de Janeiro, tem-se aspectos políticos, econômicos e sociais, e como toda metrópole, possui seus próprios desafios. Este estudo visa apropriar os impactos das emissões de poluentes provindas da mobilidade urbana, necessária à economia local (FRANCO, 2011).

Ao avaliar o estudo da emissão de CO<sub>2</sub> na Cidade do Rio de Janeiro, deve-se considerar que esta é a segunda maior metrópole do Brasil. A cidade possui uma malha essencialmente rodoviária destinada ao deslocamento de veículos particulares, dada precariedade do transporte público de passageiros, sendo a principal cidade do estado do Rio de Janeiro e com crescimento acelerado (CEPERJ, Fundação Centro Estadual de estatísticas , pesquisas e formação de servidores públicos do Rio de Janeiro 2013, AGUIAR, et al, 2016).

Conforme estudo realizado na cidade do Rio de Janeiro, no ano de 2011, na Cidade do Rio de Janeiro, que tomou como premissas a utilização do álcool como combustível, assim como o número de veículos que circulam na metrópole, este estudo engloba todas as emissões. O estudo direciona que o transporte, contido no estudo do inventário do setor de energia, representa 66% das emissões de CO<sub>2</sub>, das quais 53% provem do modal rodoviário (CEPERJ, 2013).

São diversas as causas que geram atrativos aos municípios vizinhos, que fazem com que em período diurno haja uma migração de pessoas convergindo para uma área de 1.220m<sup>2</sup>, que representa aproximadamente 2% da área territorial do estado, fazendo com que a densidade demográfica seja 14 vezes maior que a média do estado (PINHEIRO, 2017).

A oferta de empregos é sem dúvida o maior incentivo para o êxodo das cidades dormitório, o que acarreta deslocamentos diários em veículos movidos a combustão. A ordem de grandeza da representação econômica da cidade é de que esta possui 72% dos empregos formais do estado do Rio de Janeiro. Em média, 40% da população residente em municípios vizinhos, trabalha na cidade do Rio de Janeiro (PINHEIRO, 2017).

A cidade do Rio de Janeiro também demonstra vulnerável às variações climáticas, dadas características geográficas, por se situar entre restingas e lagoas, com a presença de diversos morros, os quais são ocupados pela população de baixa renda.

O programa Rio Resiliente direciona os riscos da cidade quanto às mudanças

climáticas como: chuvas intensas, ondas e ilhas de calor, ventos fortes, elevação do nível do mar , entre outros. Dentre estes eventos, destacam-se as ondas de calor, com grande poder de letalidade e já as ilhas de calor, são formadas nos centros urbanos, elevando em ate 10°C a temperatura local dadas as construções em concreto, vias asfaltadas no lugar da vegetação local (PINHEIRO, 2017).

Todas estas características, aliadas a emissão de CO<sub>2</sub>, conforme Inventário e cenário de emissões de gases do efeito estufa da Cidade do Rio de Janeiro – O Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós Graduação e Pesquisa em engenharia do Rio de Janeiro COPPE/UFRJ e Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro acarretam diversos impactos para população da Cidade. No ano 2000 a cidade do Rio de Janeiro foi pioneira entre as cidades brasileiras na publicação de estudos relacionados aos inventários de GEE com resultados referentes aos anos de 1990, 1996 e 1998.

Segundo relatório, deve-se considerar o Transporte como maior ofensor na emissão de GEE, dada composição do setor de Energia Estacionária considerar o aglomerado de fontes como Residencial, Indústrias de Manufatura e Construção, Agropecuário, Emissões Fugitivas do setor de óleo e gás, Comercial e Industrial, Indústrias de Energia (Refinarias etc.) e Perdas de energia elétrica entre outros.

A estratificação da emissão de GEE pelo Transporte, segundo este mesmo relatório, evidencia mais uma vez a participação do Transporte Rodoviário como principal ofensor na emissão de GEE. (GRÁFICO 6).



Gráfico 6 - Gráfico de Emissões de GEE (tCO<sub>2</sub>e) de Transporte, classificados por seus subsetores.



Fonte: FETRANSPOR (2010)

Dada necessidade da utilização do Diesel como principal fonte de combustível para motores a combustão, considerando menor valor deste combustível em comparação aos demais e a ampla utilização nos modais de transporte de passageiros e de cargas também relacionadas a eficiência, potência e durabilidade dos motores alimentados por este combustível essa instituição vem trabalhando no controle das emissões de poluentes oriundas da queima deste combustível no transporte de passageiros.

O Programa de Controle da poluição do Ar (Proconve) por veículos automotores, criado pela Resolução Conama nº 18 (1986) direcionou diversas medidas junto as montadoras que acarretaram aplicação de injeção eletrônica e adoção de catalisadores entre outros, que aliados a medidas junto a fornecedores de combustíveis os quais foram obrigados a reduzir a quantidade de enxofre presente no Diesel e retirada do chumbo da gasolina, o que propiciou melhorias ambientais nas cidades.

O estado do Rio de Janeiro também foi pioneiro na adoção de um programa de inspeção e manutenção veicular para controle de emissões.

Já em específico para empresas de Transporte de Passageiros, instituiu-se o Programa de Auto Controle de Emissão de Fumaça Preta por Veículos Automotores do Ciclo Diesel também no Estado do Rio de Janeiro.

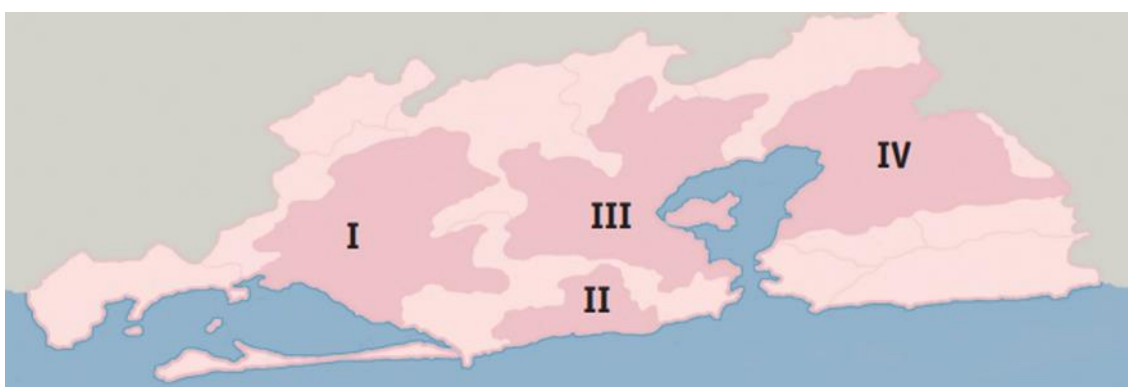
Fato que somente estas ações de controle em isolado não sejam suficientes

para controle da qualidade do Ar. Objetivando assim maiores ações no plano Ambiental, conforme Inventário de fontes de emissão de poluição atmosférica, que visa qualificar e quantificar fontes, localização, magnitude, frequência e duração relativa as emissões (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE, FEEMA 2007).

O objeto deste estudo segmentou o Estado do Rio de Janeiro em 4 grandes regiões, não se limitando as fronteiras de municípios, mas sim considerando a topologia e meteorologia das regiões.

Desta forma a Cidade do Rio de Janeiro localiza-se nas Bacia Aéreas I – Regiões de Campo Grande e Santa Cruz, II – Regiões de Jacarepaguá e Barra da Tijuca e III - a qual abriga o Centro, Zonas Sul e Norte além de demais grandes municípios do Estado, como Nova Iguaçu, Belfordr Roxo, São João de Meriti, entre outros de menor abrangência (FIGURAS 18 e 19).

Figura 18 - Sub-Regiões que compõem as Bacias Aéreas na RMRJ



Fonte: FEEMA (2007)

Figura 19 - Taxa de emissão de Fontes Fixas por Bacia Aérea

TAXA DE EMISSÃO (TON/ANO)* 1000	POLUENTES				
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	HC	MP <sub>10</sub>
TOTAL GERAL	55,76	30,27	6,38	25,85	10,58
Bacia I	21,48	14,55	0,92	0,31	5,90
Bacia II	0,01	0,14	0,13	0,74	0,36
Bacia III	29,41	13,30	2,80	24,44	2,50
Bacia IV	3,80	1,28	2,36	0,13	1,39

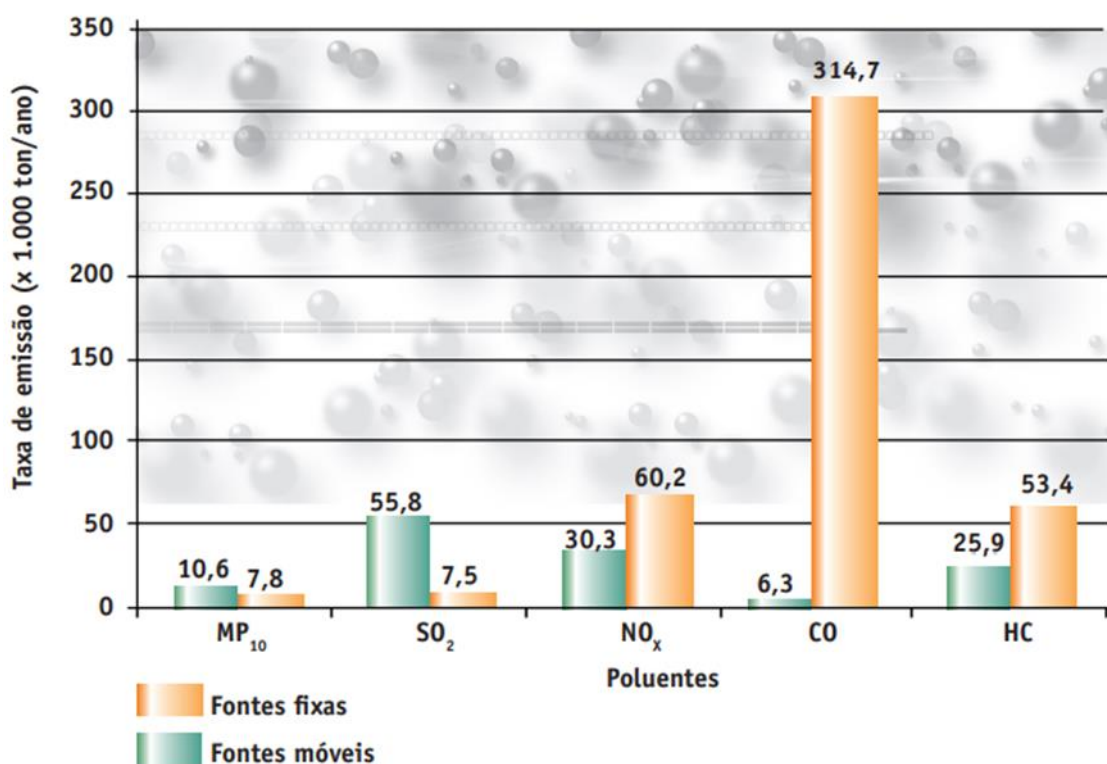
SO<sub>2</sub> - Dióxido de enxofre | NO<sub>x</sub> - Óxidos de nitrogênio | CO - Monóxido de carbono | HC - Hidrocarbonetos | MP<sub>10</sub> - Material particulado inalável

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

Este estudo segrega ainda a emissão por fontes fixas e móveis, onde muito

embora as fontes estacionárias representem 77% das emissões de poluentes (FEEMA 2007). Estas fontes contribuem com as emissões de material particulado inalável e dióxido de enxofre, cabendo as fontes móveis os maiores percentuais de emissão de óxidos de nitrogênio 67%, Monóxido de Carbono 98% e hidrocarbonetos 67%. (GRÁFICO 7)

Gráfico 7- Gráfico de comparação por emissão entre fontes fixas e móveis



Fonte: FEEMA (2007)

## 4.2 Benchmarking / Realidades Organizacionais

Neste capítulo serão apresentadas e discutidas práticas de sucesso quanto à utilização de fontes de energia alternativa para o setor de transportes, casos de referência em empresas com práticas de baixa emissão de carbono, no setor e fora dele, Brasil e fora do Brasil.

### 4.2.1 Práticas de sucesso quanto à utilização de fontes de energia alternativa para o

setor de transportes.

Ônibus elétrico de célula de combustível é um ônibus elétrico que inclui uma célula de combustível de hidrogênio e baterias/capacitores. Nessa arquitetura híbrida, a célula de combustível fornece toda a energia para a operação do veículo, enquanto as baterias/capacitores são capazes de fornecer potência de pico aos motores para atender a aceleração e gradientes rápidos. Ao usar uma célula de combustível em conjunto com uma bateria, o tamanho de cada uma pode ser otimizado para uma determinada rota. O módulo de energia da célula a combustível a bordo do ônibus gera energia elétrica por meio de uma reação eletroquímica deixando apenas água e calor como subprodutos, portanto, não há emissões locais. A energia elétrica é usada para fornecer tração elétrica direta e manter as baterias carregadas. O calor do subproduto é armazenado nos resistores de freio e é usado para manter o conforto do aquecimento dos passageiros e aumentar consideravelmente a eficiência energética. As baterias também fornecem armazenamento para energia de frenagem regenerada. Toda a energia necessária para o funcionamento do ônibus é fornecida pelo hidrogênio armazenado a bordo. (UITP 2020)

#### *4.2.1.1 Ônibus movido a hidrogênio na cidade de Frankfurt*

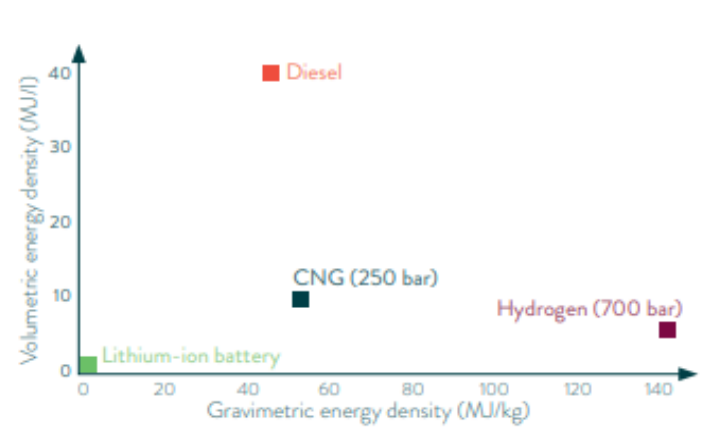
O ano é 2020 e, na Cidade Europeia Frankfurt, a administração local emitiu um regulamento que dizia que melhorar a qualidade do ar era a maior prioridade e que os ônibus de transporte público precisariam mudar para alternativas livres de emissão a partir de 2024. Em toda Europa, ônibus movidos a hidrogênio (Fuel Cell Buses - FCBs) são uma das poucas soluções de transporte com emissão zero. Em desenvolvimento há alguns anos e ganhando força desde então, devido ao curto tempo de reabastecimento e longo alcance dos veículos, os FCBs são uma opção viável para descarbonizar as redes de transporte público (ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE PÚBLICO, UITP 2020)

Um ônibus movido a hidrogênio (FCB) é um ônibus elétrico que inclui uma célula de combustível e uma bateria (ou, em alguns casos, supercapacitores). Essa arquitetura híbrida usa a célula de combustível para fornecer a maior parte da energia para a operação do veículo, enquanto a bateria fornece suporte durante demandas de pico de energia, como aceleração rápida e gradientes. A célula combustível consome

hidrogênio para gerar energia elétrica através de uma reação eletroquímica, deixando apenas água e calor como subprodutos. A energia elétrica é usada para alimentar motores elétricos e manter a bateria carregada. O subproduto, calor, pode ser usado para aquecimento da cabine, mantendo assim o conforto do passageiro e melhorando a eficiência do veículo. A bateria também fornece armazenamento de energia regenerada durante a frenagem. O hidrogênio oferece uma densidade de energia muito maior e um peso menor em comparação com os atuais sistemas de armazenamento elétrico, como as baterias. Um FCB pode operar por um dia inteiro de serviço sem reabastecer. Toda a energia necessária para o ônibus operar é fornecida pelo hidrogênio armazenado a bordo (UITP 2020).

A figura 20 ilustra a alta densidade de energia do hidrogênio quando comparado com outras tecnologias.

Figura 20 - Densidade de energia do hidrogênio



Fonte: UITP (2020).

A Tabela 1 mostra implantações planejadas de FCBs, cerca de 290 novos ônibus serão operados por períodos prolongados em operações comerciais padrão em vários locais diferentes. As frotas locais variam de 5 a 50 FCBs. Estações de Abastecimento de Hidrogênio (HRSs) são implementados e operados dentro do projeto MEHRLIN, que é financiado pelo Connecting Europe Facility (CEF) for Transport. (UITP, 2020).

Tabela 1 – Distribuição de FCBs por cidades / regiões  
 Número total de ônibus movidos a hidrogênio

Aberdeen, Reino Unido	21
Auxerre, França	5
Barcelona, Espanha	8
Birmingham, Reino Unido	20
Brighton, Reino Unido	22
Charleroi, Bélgica	10
Colônia, Alemanha	50
Dundee, UK	12
Emmen, Holanda	10
Guéldria, Países Baixos	10
Groningen, Países Baixos	20
Londres, Reino Unido	20
Pau, França	5
Rhein Main, Alemanha	10
Holanda do Sul, Holanda	20
Tirol do Sul, Itália	12
Toulouse, França	5
Velenje, Eslovênia	6
Wuppertal, Alemanha	20

Fonte: UITP (2020).

Pontos importantes que garantiram o sucesso do projeto. O prefeito da cidade, um ex-político nacional altamente respeitado, com profundas redes políticas, encarregou o Diretor Presidente da Autoridade de Transporte Público (PTA) para que isso acontecesse. O Diretor Presidente nomeou um membro experiente da equipe como líder do projeto para obter financiamento e implementar um programa para obter o resultado.

O líder do projeto possuía experiência significativa em política de transporte e trabalho com equipes para a entrega de projetos. Ela estabeleceu uma equipe de projeto dedicada, composta por três trabalhadores em período integral, composta por ela mesma, uma pessoa técnica com um bom entendimento da tecnologia de autocarro, algum conhecimento de tecnologias alternativas de energia e boas redes e vínculos com Operadores de Transporte Público (PTOs) na cidade; e uma especialista jurídico na área de licitações e contratos.

Também foi criado um Comitê Gestor do Projeto, composto pelo prefeito, o Diretor Presidente do PTA, um executivo financeiro encarregado de apoiar o projeto, um membro sênior da equipe de engenharia e uma pessoa sênior de marketing no PTA. O líder do projeto solicitou e assumiu o compromisso de participar de instruções

regulares nos primeiros meses do projeto. A equipe do projeto começou com o desenvolvimento de uma visão que colocava o projeto no contexto dos planos estratégicos regionais e nacionais da cidade. Isso incluiu o uso estratégico de fontes de energia, a relevância para a indústria local e aos requisitos nacionais e supranacionais para cumprir as metas de ar limpo e mudanças climáticas. Paralelamente, foram identificados os principais interessados na comunidade e suas áreas de interesse. Entre elas, havia uma PTO local que demonstrou interesse em fazer parte do projeto (UITP, 2020).

#### 4.2.1.2 A experiência da Cidade do Rio de Janeiro na inserção do biodiesel em frotas de ônibus urbanos

Neste capítulo serão apresentados os resultados de dois estudos com a utilização de biodiesel, realizados no âmbito do setor de transportes de passageiros do estado do Rio de Janeiro. A relevância dos testes alcançaram o âmbito nacional devido à participação direta dos diferentes atores que compõem o setor de transportes de passageiros, entre eles as montadoras de motores, as distribuidoras de combustíveis, as empresas operadoras e os órgãos de regulação e de fiscalização. Os resultados contribuíram para o norteio da gradual adição da mistura de biodiesel ao diesel, para o abastecimento dos veículos pesados que operem por todo o território nacional, de acordo com a legislação brasileira, no Rio de Janeiro e depois no Brasil.

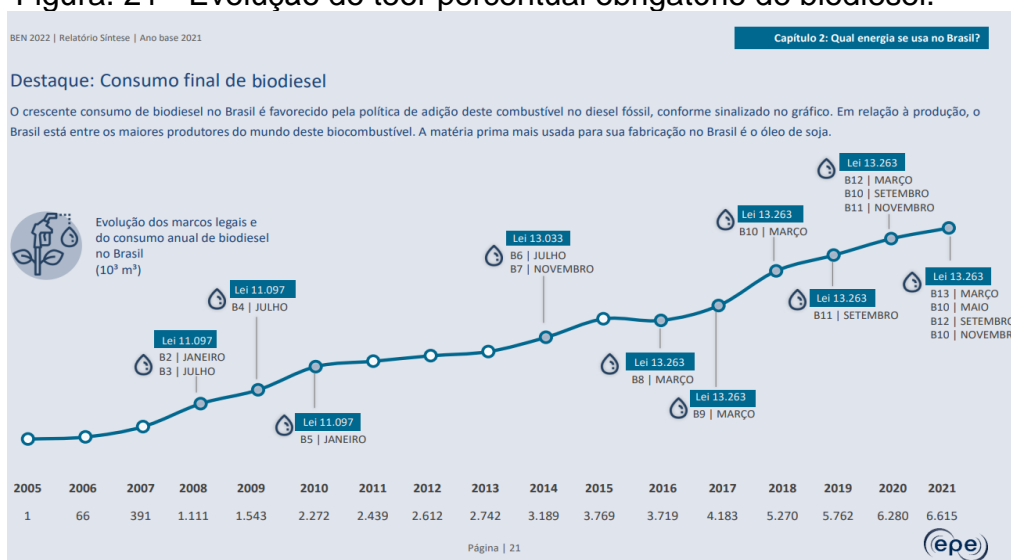
O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPD), desde 2005, representa inúmeras vantagens em diversos aspectos (tanto econômicos, quanto ambientais e sociais) para a matriz energética brasileira, que mais diversificada, pode reduzir a dependência ao diesel fóssil importado anualmente. A adição de biodiesel ao diesel vem sendo responsável pela redução das emissões de gases causadores do efeito estufa (CO<sub>2</sub>) e diminuição da emissão de Material Particulado (MP), que tanto impacta os grandes centros urbanos e populações locais. Sobre o aspecto sustentável de sua utilização, há de se considerar o fornecimento da matéria-prima renovável (biomassa) para a sua fabricação, o aproveitamento de resíduos e efluentes oleosos, o estímulo à utilização apropriada do solo e a promoção social das famílias do campo e da agricultura brasileira, através da geração de emprego e renda para o país.

Desde a criação do PNPD, os produtores de biodiesel e as distribuidoras de

combustível comercializam o insumo por meio de leilões públicos, regulados pela ANP e operacionalizados pela Petrobras.

Segundo nota técnica da Empresa de Pesquisa Energética do Ministério de Minas e Energia (EPE/MME, 2021), a Lei nº 13.263/2016 autorizou o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) a elevar o percentual de biodiesel na mistura, até o patamar de 15%, desde que obedecidas as condicionantes de aprovação de testes nos motores para esse teor. Nesse contexto, a Resolução CNPE nº 16/2018 propôs um cronograma de aumento do percentual de biodiesel na mistura com o diesel de 1% ao ano, atingindo 15%, em 2023. A atual evolução dos teores de adição obrigatória de biodiesel ao diesel fóssil está detalhada abaixo. (FIGURA 21).

Figura. 21 - Evolução do teor percentual obrigatório de biodiesel.



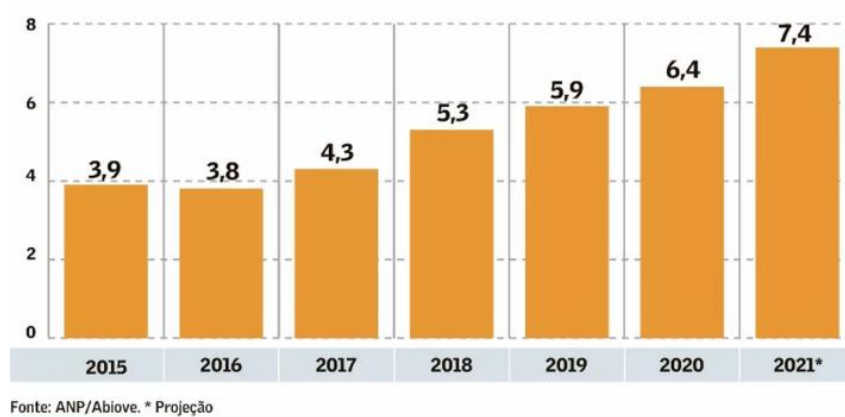
Fonte: EPE/BEM ( 2022).

Historicamente, a cadeia de produção de biodiesel é crescente desde sua inserção na matriz energética brasileira o que contribui e estimula sua adição ao combustível de origem fóssil para utilização nos motores automotivos do ciclo diesel. (FIGURA 22)

Figura 22- Evolução da produção do biocombustível no Brasil.



Evolução da produção do biocombustível (bilhões de litros)



Fonte: ANP (2020).

A Fetranpor – Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro, exercendo vanguarda nos testes nacionais com combustíveis alternativos, apresentou em 2007 os resultados do programa experimental de utilização de B5 (adição de biodiesel em 5% misturado a 95% de diesel convencional) no projeto intitulado de “O Rio de Janeiro sai na Frente”, em parceria com o poder público (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biodiesel - ANP, Governo do Estado do RJ e Secretaria de Estado do Ambiente e da Fundação Estadual de Meio Ambiente - FEEMA) e com diferentes entidades da iniciativa privada (Mercedes-Benz do Brasil, Volkswagen Ônibus e Caminhões, Petrobrás Distribuidora, Ipiranga, Shell e empresas de ônibus do estado do Rio de Janeiro).

Seguindo a iniciativa de testar a utilização do biodiesel em diferentes adições para o transporte coletivo de passageiros do estado do Rio de Janeiro, a Fetranpor lançou também em 2009 o projeto experimental “Biodiesel B20 – O Rio de Janeiro Anda na Frente”, com a utilização de B20 (adição de biodiesel em 20% misturado a 80% do diesel mineral). Os testes contaram com os mesmos parceiros do programa com o B5.

Ambos os projetos mensuraram as considerações legais, técnicas, econômicas, ambientais e sociais que norteiam a utilização dos biocombustíveis. Além de dar continuidade à mitigação dos impactos ambientais relacionados ao setor de transportes, a expectativa era a de contribuir com as estratégias de governo, que estavam sendo elaboradas visando o avanço da sustentabilidade da matriz energética brasileira, por meio da priorização do uso de combustíveis mais limpos. (FIGURA 23)

Figura 23 -Variação média da opacidade nas empresas que testaram o B5.



Fonte: FETRANSPOR (2010)

O teste com a utilização do B5 foi voltado especificamente para a análise do consumo e da emissão dos gases poluentes e, portanto, não foram aferidos os múltiplos efeitos e as variáveis independentes que são correlacionadas a estes dois grandes indicadores, tais como as condições das linhas operadas, as condições climáticas e de tráfego, a qualidade do combustível, a manutenção dos veículos e a efetivação operacional de motoristas nos veículos que foram testados. O experimento teve duração de um semestre e foi distribuído entre 28 empresas diferentes, atuantes em 25 municípios distintos e com uma frota total de aproximadamente 3.500 ônibus, com linhas municipais, metropolitanas e intermunicipais.

A avaliação da emissão de fumaça preta (opacidade) é considerada um importante indicador do estado de conservação dos veículos e um meio fundamental de medir o desempenho ambiental de um determinado combustível do ciclo diesel.

Já o teste com a utilização do B20 foi estimulado pela base legal do marco regulatório do PNPB, que estabelece como base o desenvolvimento social e mercadológico, assim como a proteção ao meio ambiente, como princípios para a utilização do biodiesel, indicando a necessidade de avaliações sobre os aspectos ambientais, sociais e técnicos. Sendo assim, o experimento considerou a qualidade do combustível, o preço (viabilidade econômico-financeira), os níveis de opacidade, a avaliação mecânica e o efeito do combustível no óleo lubrificante. Os testes tiveram duração de 12 meses e ocorreram em 15 ônibus de três diferentes empresas, com apoio técnico do CENPES - Centro de Pesquisas da Petrobrás e avaliação complementar da COPPE-UFRJ.

Considerando as estimativas de que o biodiesel em maiores concentrações é proporcionalmente mais capaz de reduzir as emissões dos gases poluentes, o estudo

com o B20 avaliou a redução dos índices de opacidade. Estudos já mostravam essa tendência de redução de emissões. (FIGURA 24).

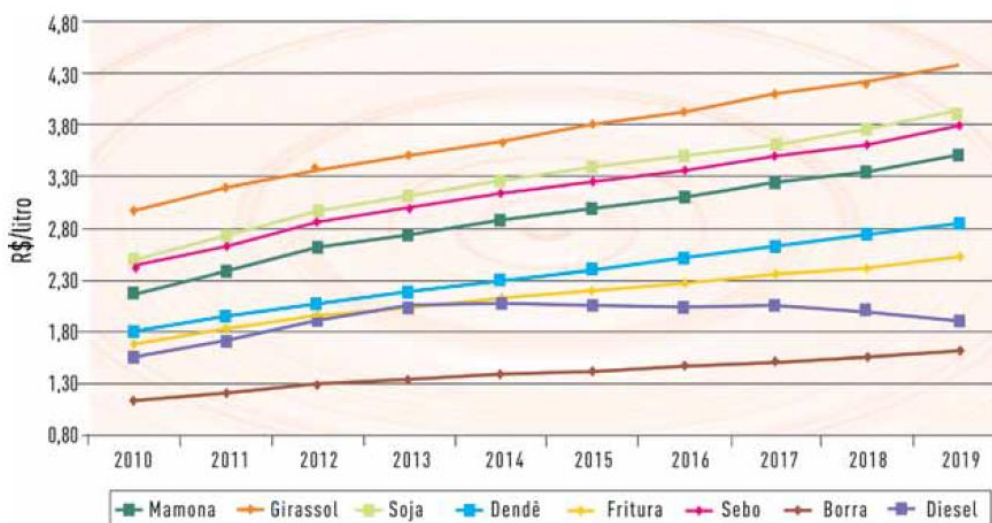
Figura 24 - Reduções das emissões de gases poluentes com a utilização do biodiesel em relação ao diesel convencional.

EMISSIONES (%)			
	B5	B20	B100
CO	-7	-15	-48
CO <sub>2</sub>	-7	-9,5	-78
HC	-5	-20	-67
MP	-8	-15	-47
SOx	-5	-20	-100
NOx	<1	2 a 4	10 a 20

Fonte: Biodiesel BR (2010)

Quanto ao maior valor para aquisição do biodiesel em relação ao diesel convencional, o estudo com o B20 avaliou essa viabilidade econômico-financeira, cujos efeitos podem afetar as tarifas e os serviços de transporte, principalmente o transporte de carga e de passageiro, visto que o biodiesel realmente é mais caro que o diesel convencional, historicamente. (FIGURA 25)

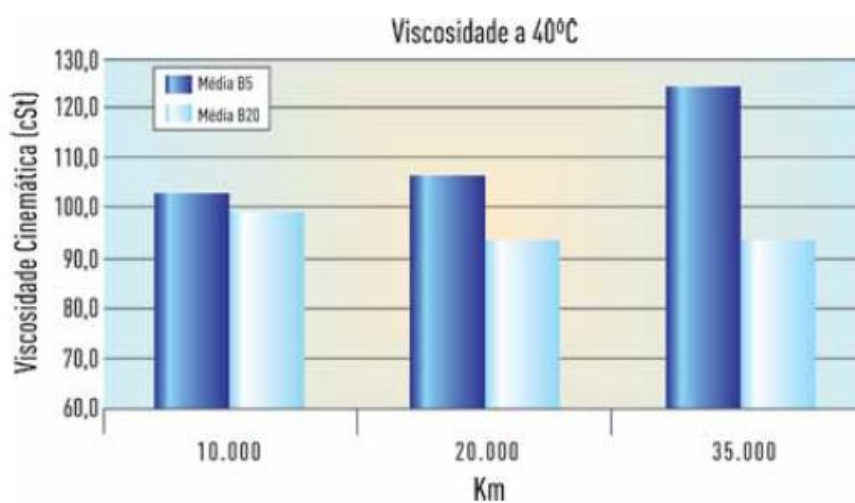
Figura 25- Projeção do preço do diesel e preço mínimo de biodiesel, em função do insumo utilizado – 2010 a 2019.

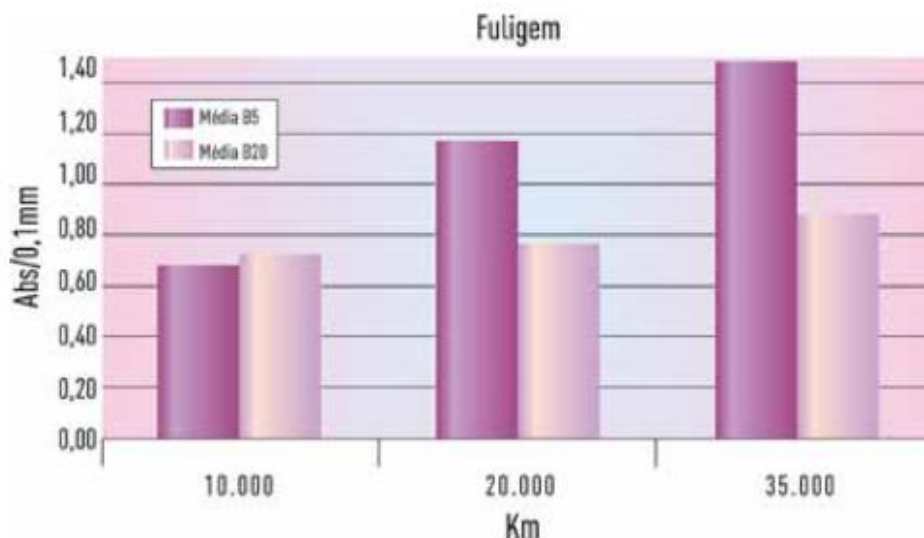


Fonte: EPE (2009)

Sobre a avaliação mecânica e o efeito do biodiesel no óleo lubrificante, o estudo com o B20 permitiu realizar o acompanhamento técnico das frotas (com o apoio dos fabricantes de componentes e montadoras automotivas) para verificação dos efeitos na câmara de combustão e nos sistemas de alimentação, de injeção de combustível e de lubrificação. Este último contou com análises quanto à viscosidade, metais de desgaste, fuligem e oxidação por infravermelho. (FIGURA 26)

Figura 26- Comparativo da viscosidade média e do teor de fuligem com o B20.





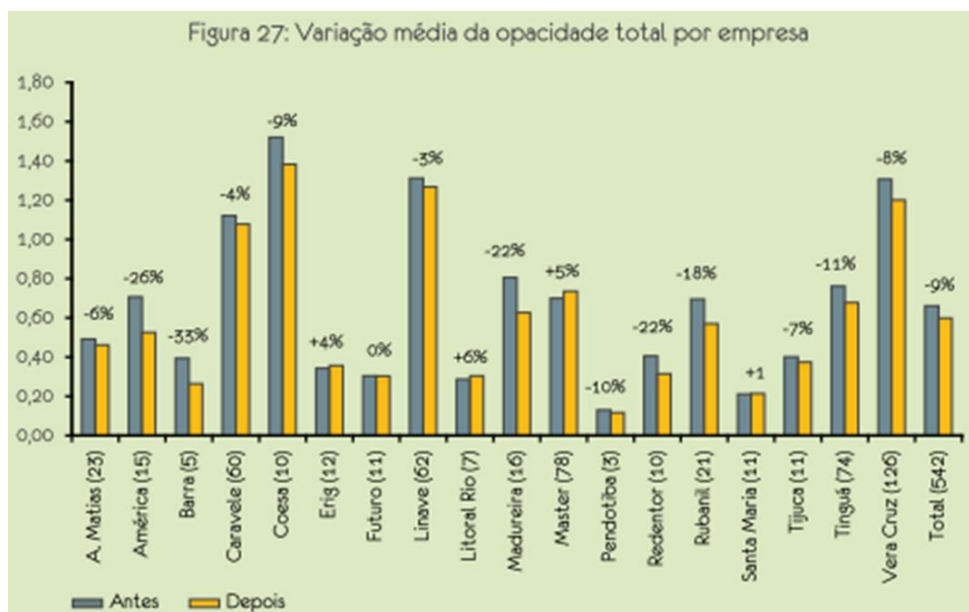
Fonte: FETRANSPOR (2007).

Os resultados obtidos destacam a necessidade da realização de testes e desenvolvimento de pesquisas para consolidar a intenção de ampliar a participação do biodiesel nas misturas com o diesel fóssil.

Os testes com o B5 contaram com entrega periódica de relatórios para a ANP, constando informações relacionadas à caracterização do combustível utilizado, a eficiência energética do sistema, resultados e consumo, desempenho e emissões do combustível nas diversas condições de uso testadas, com todos os resultados sendo comparados com os do combustível a ser substituído.

Como resultado das avaliações do B5, ficou comprovado que o biodiesel na concentração de 5% se comportou de maneira semelhante ao óleo diesel mineral, apresentando desempenho energético similar, mas com ganhos ambientais, cuja utilização seria capaz de contribuir para a melhoria da qualidade do ar nas áreas urbanas, a amenização da intensificação do efeito estufa, a redução das importações de óleo diesel e a fixação do homem ao campo, uma vez que a maior parte do biodiesel produzido no país hoje é de fontes agrícolas produtoras de oleaginosas. Não houve relatos de problemas mecânicos associados e em algumas empresas foi comprovada a redução da opacidade dos veículos, que durante os seis meses de testes com os 3.500 ônibus, foi observada a diminuição na emissão de cerca de 7 mil toneladas de CO<sub>2</sub> na atmosfera, o que seria equivalente ao plantio de aproximadamente 12 mil árvores. (FIGURA 27)

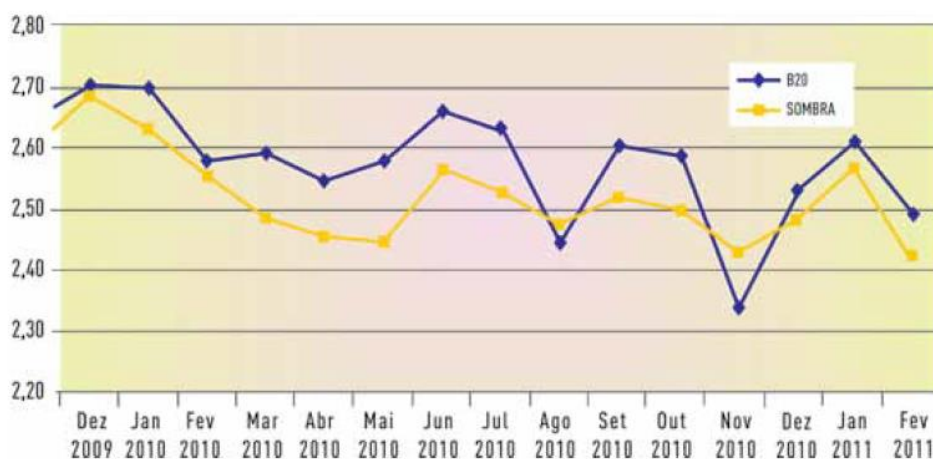
Figura 27 - Variação média da opacidade nas empresas que testaram o B5.



Fonte: FETRANSPOR (2007)

Já os resultados obtidos através do Programa “Biodiesel B20 – O Rio de Janeiro Anda na Frente” demonstraram que a autonomia (km/l) dos veículos movidos a B20 foi estatisticamente semelhante à autonomia dos veículos movidos a B5, contrariando a expectativa (prevista em literaturas anteriores), de uma redução da autonomia em valores próximos a 4%; ocorreu uma redução significativa nos níveis de opacidade emitida, sendo inferior em 11%, 13% e 39%, respectivamente, nas empresas participantes; o custo com o B20 foi definido como superior em 15,16%, em comparação com o custo com B5 (diesel + biodiesel utilizado nas frotas brasileiras na época); e embora não tenham sido relatados problemas mecânicos nos veículos que participaram dos testes, foi observada maior diluição do óleo lubrificante nos veículos movidos com o B20 enquanto que foi verificada uma maior presença de Cobre e Chumbo nas amostras de óleo lubrificante utilizado nos ônibus movidos a B20, o que pode ser explicado pelo ataque corrosivo desses metais na presença de biodiesel em maior escala. (FIGURA 28)

Figura 28- Rendimento (em km/l) de combustível nos veículos abastecidos com B20 e naqueles abastecidos com o diesel comum (sombra).

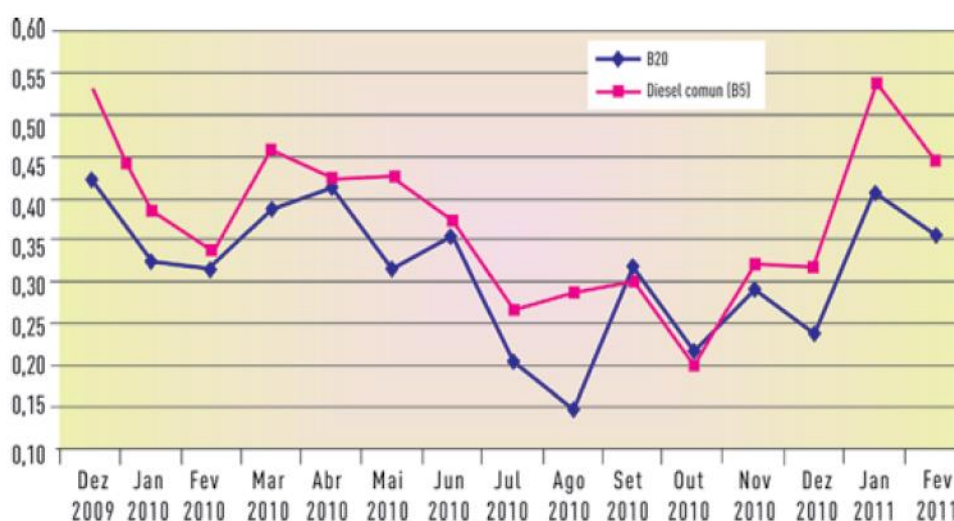


Fonte: FETRANSPOR (2010)

Quanto aos aspectos ambientais, há indicação de que o uso de B20 tenha o real potencial de reduzir as emissões de CO, HC e MP, poluentes atmosféricos regulamentados. Os testes de opacidade sinalizaram que o uso de B20 levará a redução da emissão líquida de CO<sub>2</sub>. No entanto estimava-se que a utilização desta mistura levasse a ligeiro aumento de consumo de combustível o que possivelmente impactaria no custo deste insumo de transportes. (FIGURA 29)

Figura 29- Média de opacidade dos ônibus movidos a B20 e dos movidos a B5 (diesel comum).

Gráfico 9: Média de opacidade dos veículos movidos a B20 e dos movidos a B5 – Rodoviária A. Matias S/A.



Fonte: FETRANSPOR (2010).

O Programa Experimental Biodiesel B5 indicou então que o desempenho dos motores foi aceitável, o consumo de combustível esteve dentro da variabilidade normal e a redução dos índices de opacidade ficou comprovada em diversas empresas e cenários. O estudo foi considerado de suma importância para confirmar o uso do B5 no cenário nacional, visto que, após as avaliações e através da Resolução CNPE nº 6 de 16/09/2009, o percentual de mistura obrigatória de 5% de biodiesel ao diesel, tenha sido antecipado em todo o Brasil, para o mês de janeiro de 2010.

Já o Programa Experimental Biodiesel B20 indicou que sua utilização possui diversas vantagens e externalidades positivas, embora tenha sido recomendado que para sua efetiva adoção seja iniciado um processo de maior interação com todos os atores envolvidos, para que seja estabelecido um programa de testes e estudos que viabilizem a adoção do B20 como combustível tanto para frota de ônibus quanto para os demais veículos pesados do território nacional.

Desta forma, considerando os âmbitos econômico, ambiental e social, é possível constatar que o uso do B20 contribui de forma significativa para a sustentabilidade do país, do qual as fontes renováveis representam grande parte da matriz energética.

Como alternativa nos setores de transporte e energia, o aumento dos percentuais de biodiesel adicionado ao diesel comum necessita ser testado e validado, formando base técnica sólida, a fim de provar ser uma boa solução em termos de desempenho, consumo e emissões de gases.

O principal aspecto dos estudos e publicações citados foi sua efetiva contribuição para o desenvolvimento sustentável, além de orientar estratégias de governo voltadas à priorização e uso de combustíveis mais limpos. Salientando a necessidade de que a energia renovável ocupe, progressivamente, cada vez mais espaço na matriz energética brasileira, em especial no setor de transporte.

#### *4.2.1.3 A utilização de ônibus elétricos nas metrópoles*

Os veículos elétricos vêm ganhando cada vez mais espaço no mercado global, muito pelos seus avanços tecnológicos e por sua contribuição ao meio ambiente. A cada ano grandes indústrias e governos vem investindo para que este avanço seja potencializado. Na América Latina, não é diferente, é possível ver casos como Bogotá, Santiago, Panamá entre outras, com diversas iniciativas para reformular os sistemas



de transporte, visando melhorar a eficiência e sustentabilidade, principalmente no segmento de transporte de passageiros, onde é possível implementar a utilização de ônibus elétricos, que feito de forma coerente possibilita reduzir custos de operação e de manutenção comparados aos ônibus convencionais a combustão (SUSTAINABLE BUS, 2020).

A cidade de Shenzhen na China com dimensões semelhantes a cidade de São Paulo se tornou referência desse modelo onde em 2018 passou a ser 100% operada com ônibus elétricos, com uma frota e 17mil ônibus, sendo a primeira metrópole do mundo nestas condições (ZMOGINSKI, 2021), a cidade de Santiago no Chile possui a maior frota de ônibus elétricos fora da china (SUSTAINABLE BUS, 2020).

a) Santiago do Chile, Um Case de Sucesso no transporte de passageiros com sustentabilidade.

Santiago, uma das maiores metrópoles da América do Sul, também responsável por abrigar mais de 40% da população do Chile, passou por grande crescimento econômico na segunda metade do século XX, trazendo com esse crescimento econômico uma expansão da urbanização e conseqüentemente um crescimento exorbitante de veículos particulares, aumentando drasticamente seu nível de poluição. O Chile entendeu que o transporte público contribui para agravar os níveis de poluição e criou um sistema de monitoramento integrado do transporte com o poder público, visando a construir e adotar medidas para redução de emissão veicular (ZEBRA, 2020).

Mediante as implicações causadas por este movimento, o poder público do Chile fez um grande movimento em direção ao transporte sustentável, aprimorando o sistema de transporte com políticas de eficiência e proteção ao meio ambiente, reformulando os modos licitatórios que beneficiem os operadores que se comprometem com o modelo de transporte sustentável, permitindo assim uma renovação de frota possibilitando estar atualmente com 32% da frota do sistema de transporte composta por ônibus de baixa emissão contemplando 776 ônibus elétricos e mais de 1.444 ônibus Euro 6, sendo considerada uma das cidades que deu maior salto em direção a eletro mobilidade. (ATUC MOVILIDAD SOSTENIBLE, 2020).

Trabalho este vem sendo desenvolvido e implementado ao longo dos últimos anos pela Diretoria Metropolitana de Transportes Públicos (DTPM), órgão público que

fiscaliza, coordena e articula as ações necessárias a serem adotadas, foi através do DTPM que permitiu mecanismos contratuais de fornecimento possibilitando uma parceria público-privada impulsionando o caminho para a eletro mobilidade (ATUC MOVILIDAD SOSTENIBLE, 2020).

Santiago do Chile, possui um sistema de bilhetagem eletrônica integrado entre os modos de transporte o “BIP”, permitindo assim uma praticidade na utilização por parte do usuário e uma melhor gestão sistêmica dos controles de embarque e arrecadação, todo esse sistema é integrado com Ônibus, Metrô e Trem, onde a movimentação de passageiro foi representada em 52% por ônibus, 46,4% no metro e 1,5% no trem. São seis operadoras que compõem o sistema de transporte por ônibus, tendo elas juntas uma frota de 6.972 veículos atendendo 382 rotas, sistema de transporte conhecido como “Transantiago” que até final de 2017 estava colapsado com frotas bastante desgastadas e operadores com baixo padrão de qualidade (ATUC MOVILIDAD SOSTENIBLE, 2020).

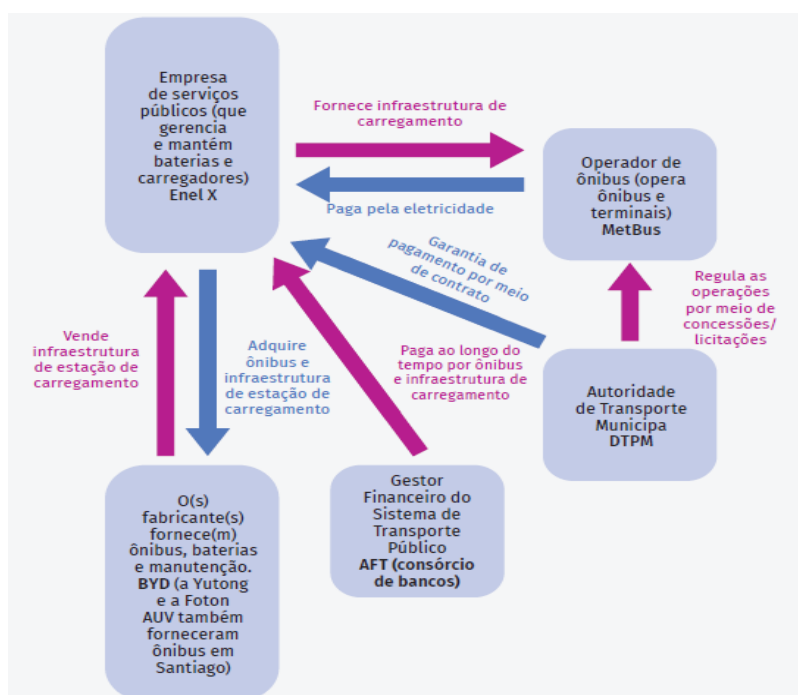
No ano de 2018 a Diretoria de Transportes Metropolitanos teve a incumbência de reformular o sistema de transporte e realizar a renovação da frota para um novo padrão de qualidade atendendo as necessidades do usuário e atender os anseios de construir um sistema de transporte em conformidades com a sustentabilidade do planeta, reduzindo e/ou zerando as emissões de carbono (ATUC MOVILIDAD SOSTENIBLE, 2020).

Essa Transformação começou no final de 2017 com a chegada de ônibus elétricos Euro VI que começaram a atuar com piloto na cidade, permitindo as análises e estudo de viabilidade operacional, já em 2018 através de uma grande parceria público-privada, mediante a contratos de provisão, permitindo o setor privado ter apoio dos operadores de transporte e do estado com melhores taxas de financiamento e incentivos fiscais a medida que o os contratos e licitações são prorrogadas, esta medida possibilitou dar início a projetos de investimentos entre as operadoras e os fabricantes, onde foi possível a chegada de cem ônibus elétricos da marca BYD operados pela empresa Metbus em parceria com a empresa de energia elétrica Enel X que foi responsável por toda demanda de infraestrutura dos carregadores nas garagens e pontos de apoio. Embora os custos de aquisição de carros elétricos e adequações de infraestrutura sejam mais caros que a aquisição de veículos movidos a combustão os ganhos de eficiência com redução de custos operacionais e custo de manutenção tendem a tornar o projeto viável a longo prazo (ATUC MOVILIDAD

SOSTENIBLE, 2020) e (ZEBRA, 2020).

Na Figura 30 é apresentado o fluxo deste modelo de negócio que permitiu um rateio dos custos iniciais entre as diversas partes interessadas, tornando menor o desafio de investimento de capital inicial por parte dos operadores do sistema de transporte trazendo benefícios mútuos, os fabricantes tendo mais vendas, os operadores tendo maior capacidade de compra e redução a longo prazo dos custos operacionais e as operadoras financeiras têm retorno do investimento empregado em projetos sustentáveis para o meio ambiente. As empresas de serviço público adquirem os veículos e infraestrutura com os fabricantes, são financiadas por um gestor financeiro do transporte e recebem repasse do governo para quitar o financiamento. Com essa engrenagem funcionando o operador de transporte recebe os ônibus e tem todo o suporte de infraestrutura estruturado, devendo cuidar somente da operação, manutenção e conservação das unidades de transporte visando atendimento da demanda. (ITDP BRASIL,2022)

Figura 30 - Propriedade e investimento de concessionárias em Santiago - Chile



FONTE: Gomez Jattin (2019)

O projeto de eletro mobilidade em Santiago trouxe benefícios mútuos para o setor privado, setor público, população e o meio ambiente que foi estabelecido uma novo modelo do sistema de transporte conhecido como Red Metropolitana de

Movilidad ou RED, com elevados padrões de serviço em quatro pilares: conforto, acessibilidade universal, segurança e tecnologia. Estes padrões passaram a ser uma exigência do setor público para com as operadoras para que seja mantido os benefícios financeiros e fiscais, novos contratos licitatórios têm como regra métricas para que estes pilares sejam mantidos e potencializados (ATUC MOVILIDAD SOSTENIBLE, 2020; ZEBRA, 2020).

A implantação de eletro mobilidade mostra resultados positivos no quesito de redução de emissão de carbono, estima-se que em 2020 a redução representa aproximadamente 5% do volume de CO2 emitido em 2018, também é notável uma satisfação do passageiro mostrando uma grande aceitação do público, além de já ser possível ver a redução de custos operacionais frente a utilização de ônibus a diesel. Vale ressaltar que ainda estão tramitando novas licitações de renovação que irá proporcionar novas frentes de mudanças para o sistema de transporte, proporcionando contratos mais longos para as empresas que aderirem ao projeto de ônibus elétricos estima-se a implantação de mais 2.000 ônibus nos próximos anos e existe desafio de eletrificar a frota totalmente até 2040 (ZEBRA, 2020).

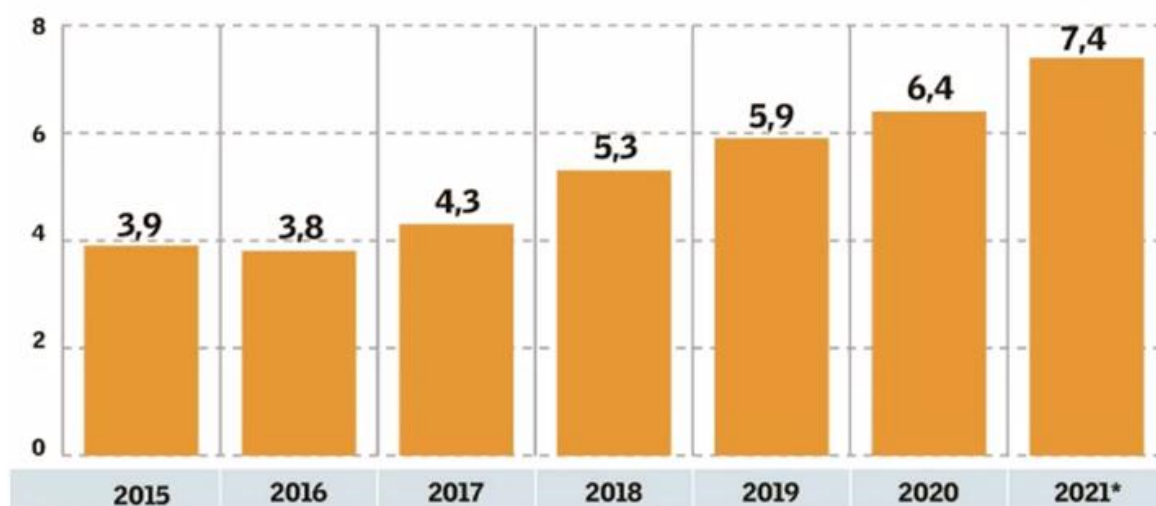
#### 4.2.2 Melhores práticas observadas.

Os estudos realizados pelos benchmarkings demonstraram que o sucesso nas mudanças no sistema do transporte público convencional para a nova fontes alternativas de energia e baixo CO2, devem partir dos entes públicos, sejam por necessidades sociais, ambientais ou até políticas. A mudança na política pública dos modelos de contratos das operadoras do transporte é o passo inicial para a mudança. Incentivos fiscais para operadoras, fornecedores e parceiros interessados são essenciais para perenidade da transformação a longo prazo. O envolvimento da sociedade no processo de transição é fundamental, pois será o grande beneficiário dessa mudança.

O uso do Biodiesel na composição do diesel tradicional, seria uma alternativa de implantação imediata, principalmente porque o Rio de Janeiro se destaca nos projetos de uso e pesquisa de percentual na composição de Biodiesel no diesel tradicional. Em 2007 e 2009, a Fetranspor – Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro, exercendo vanguarda nos testes nacionais com combustíveis alternativos, apresentou 2 projetos que mostram os

benefícios do uso do Biodiesel na composição do diesel tradicional. O que não demandaria tanto investimento por parte dos operadores, já que não seria necessário a troca dos atuais ônibus que operam atualmente, mas os resultados em questão de emissão de CO<sub>2</sub> também são menores. E seria uma alternativa muito importante no processo de transição para as outras fontes de energias limpas. Historicamente, a cadeia de produção de biodiesel é crescente desde sua inserção na matriz energética brasileira o que contribui e estimula sua adição ao combustível de origem fóssil para utilização nos motores automotivos do ciclo diesel. (FIGURA 31).

Figura 31- Evolução da produção do biocombustível no Brasil.



Fonte: ANP (2020)

Já o Ônibus movido a hidrogênio seria a alternativa a longo prazo que traria maiores resultados em relação a emissão de gases poluentes, estaríamos falando de emissão zero. Em contrapartida, a transição de todo o sistema de transporte atual para um ônibus movido a hidrogênio requer um projeto mais complexo e robusto, com bastante participação do poder público para que seja realizado da melhor maneira e em menor tempo possível. Atualmente, temos no estado do Rio de Janeiro, através do Departamento de Transporte do Rio de Janeiro (Detro), o processo de licitação de todo o transporte intermunicipal do estado, onde poderia ser um ótimo momento para que sejam usados critérios para promoção da mudança no modelo de transporte. Com base nos exemplos do capítulo anterior, foi assim que Santiago do Chile, Frankfurt puderam implantar os ônibus elétricos e a hidrogênio no sistema de transporte público.

O grande desafio, independentemente do tipo de energia alternativa utilizada, seja biodiesel, Ônibus elétrico, e Ônibus movido a hidrogênio, as mudanças no

sistema do transporte público convencional para as novas fontes alternativas de energia e baixo CO<sub>2</sub>, devem partir dos entes públicos, sejam por necessidades sociais, ambientais ou até políticas. A mudança na política pública dos modelos de contratos das operadoras do transporte é o passo inicial para a mudança. Incentivos fiscais para operadoras, fornecedores e parceiros interessados são essenciais para a perenidade da transformação a longo prazo. O envolvimento da sociedade no processo de transição é fundamental, pois será a grande beneficiária dessa mudança.

### **4.3 Desenvolvimento da ideia-conceito do modelo**

A grande dependência do setor de transporte coletivo de passageiros por óleo diesel no Brasil e no mundo faz com que propostas de solução relacionadas a combustíveis e tecnologias alternativas possam se colocar à disposição daqueles que podem tomar decisões, sejam governos sejam operadores.

Ficou bastante evidenciada na parte inicial deste trabalho essa dependência por combustível fóssil, sendo a o uso de energéticos à base de biomassa uma das alternativas mais interessantes e já disponíveis, em termos de uso e viabilidade técnica e econômica, mas sem uma penetração potencial máxima alcançada, não ainda.

O setor de transporte coletivo por ônibus usa apenas um combustível, o óleo diesel, estando evidenciados no Brasil os riscos associados à segurança e disponibilidade energética de tal recurso, chegando as importações de óleo diesel a alcançar, nos primeiros quatro meses de 2022, a marca de 26,8% do total de combustível utilizado no país (CLICKPETROLEOGAS, 2022).

Sendo o Brasil hoje o país com uma das matrizes energéticas do transporte mais limpas do mundo, por conta do uso dos combustíveis à base de biomassa, em especial o etanol e o biodiesel, observa-se que este poderia ser, sem sombra de dúvidas, o caminho para a maximização do uso destes combustíveis renováveis, em especial no setor de transporte público de passageiros. Hoje o percentual de uso do biodiesel no diesel puro (Diesel tipo A) é de 10%, apenas.

A ideia inicial deste projeto propõe uma ação inovadora para a geração (produção) de combustível renovável, o biodiesel, visando à substituição do óleo diesel convencional, tanto quanto à geração de uma renda nova para usuários de transporte coletivo e moradores de comunidades carentes, mediante créditos de

passagem que serão pagos em troca da entrega de óleo residual (óleo de fritura usado). O projeto visa também à redução dos níveis de emissão de poluentes locais e poluentes globais com a criação de um novo modelo de negócio com objetivo estritamente social, o qual transfere renda para pessoas de classes menos favorecidas, ao mesmo tempo em que impulsiona o aumento da demanda nos transportes coletivos, como se detalhará a seguir.

A descrição mais detalhada deste novo modelo de negócio se faz necessária de modo que a viabilidade e a validação dos conceitos sejam propriamente apreendidas, em especial pelos principais stakeholders envolvidos, os que participarão de entrevistas específicas de compreensão e avaliação do tema.

Visando definir inicialmente os conceitos mais importantes do nosso modelo de negócios iniciaremos apresentando o conceito da produção de biodiesel a partir do reaproveitamento do óleo residual utilizado em restaurantes e cozinhas de todas as casas. O óleo de soja, girassol, canola, algodão, etc são todos matéria prima para a produção de biodiesel, sendo possível também que o uso deste resíduo, após uso em frituras (atividades de cozinha), já em processos industriais de transesterificação<sup>1</sup>, produzindo ésteres e glicerina, de modo similar ao que já se faz hoje nos processos de produção de biodiesel a partir de óleos vegetais virgens. A produção de biodiesel a partir de óleos residuais tem sido realizada em diversos países do mundo, e também no Brasil, onde se poderão avaliar as experiências e suas oportunidades de negócio relacionadas.

A produção de biodiesel se dá por meios de usinas de tamanho altamente customizáveis através de processo de transformação físico químico relativamente simples e conhecido, a chamada de transesterificação. A mistura dos óleos vegetais (virgens ou residuais) com um catalizador alcoólico e outros insumos, misturados e logo depois decantados permite que o biodiesel seja produzido, como insumo principal, sendo a glicerina um segundo subproduto também aproveitável. O processo pode ser considerado um processo industrial de baixa complexidade operacional.

Importa ressaltar aqui a sinergia, em termos ambientais, quando se trata de aproveitamento destes óleos residuais, visto serem contaminantes dos corpos hídricos (rios, lagoas e mares) gerando, além de impactos ambientais extremamente negativos sobre a flora e fauna marinha, também custos significativos para os sistemas de tratamento de esgoto. Estudos mostram que 1 litro de óleo residual pode contaminar até um milhão de litros de água potável.

Deste modo, a coleta e correta destinação destes resíduos, ao transformarem-se de lixo em energia útil, e de alto valor agregado, poderá trazer um valor bastante elevado para toda a cadeia aqui envolvida, onde os objetivos sociais poderão ser priorizados, como se apresentará mais afrente, em nossa descrição continuada do modelo.

Sabe-se que a grande maior parte destes resíduos de óleos comestíveis tem sido destinada de forma ambientalmente incorreta pelos consumidores, sendo lançados nas redes de esgoto comum, sem nenhum tipo de coleta seletiva organizada, não no estado do Rio de Janeiro como um todo.

Sendo parte desses volumes perdidos sem nenhum tipo de monetização ou valoração adequada, seja econômica seja ambiental a criação de um novo modelo de negócios que gere valor significativo para esse “lixo” urbano é a premissa mais importante e um dos conceitos a ser validado e testado nas hipóteses iniciais a serem aqui apresentadas. Atualmente o valor atribuído a esse tipo de material é significativamente baixo, sendo a destinação destes materiais, quando realizada de forma adequada, direcionada para a produção quase que exclusiva de sabão, em fábricas especializadas neste tipo de processamento, algo já bastante antigo e parte de um mercado relativamente consolidado.

Um novo modelo de negócios para uso e destinação de óleos residuais poderá criar um mercado mais atrativo cuja oferta de insumos poderá ser direcionada para a produção do biodiesel, em substituição ao óleo diesel, e não somente para a produção de sabão.

A coleta do óleo se dará pela diversificação dos locais de coleta, utilizando as garagens de ônibus ao redor da Região metropolitana do Rio de Janeiro e os terminais rodoviários como pontos chave de recebimento e logística dos materiais. São cerca de 50 garagens de ônibus na cidade do Rio de Janeiro, todas em locais próximos às comunidades bem como cerca de 30 terminais de ônibus. Os moradores e usuários do transporte poderão levar os seus recipientes contendo os óleos residuais em garrafas do tipo PET. Haverá cadastro de cada fornecedor de óleo, com registro das quantidades e identificação dos coletores (doadores). A moeda de remuneração e de troca pelos volumes ofertados de óleos residuais será a de “créditos de transporte”, mediante cartões valorados que receberão os referidos valores para uso exclusivo no transporte coletivo urbano de passageiros (todos os modais).



Importa destacar aqui a intenção desta nova utilidade, desta “moeda de troca”, pois os valores de remuneração destinados aos coletores serão os mais altos possíveis, valores repassados, visto que tal remuneração tem objetivo social, prioritariamente, e essa maximização dos valores repassados aos usuários e coletores será o principal objetivo do negócio (um novo negócio social no setor de transportes). Gerar o maior valor possível para a compra deste óleo residual coletado será o principal desafio do negócio, uma vez que os mesmos serão também convertidos em créditos de passagem permitindo que as pessoas nas comunidades mais carentes possam ter maior acesso aos meios de transporte público, seja para trabalho, ou seja, para o lazer (minoração dos efeitos da exclusão social tipicamente encontrado nas comunidades mais carentes do estado do Rio de Janeiro).

O potencial de pagamento por cada litro de óleo residual doado poderá ser extremamente alto aos coletores, isso por conta do valor elevado do biodiesel como energético para o uso em transporte pesado (em adição ao óleo diesel). Na verdade muito dos volumes de óleo residual recolhidos atualmente no mercado são oferecidos em caráter de doação, não sendo pago nada aos doadores, o que motivaria e impulsionaria ainda mais a coleta direcionada para o uso energético de tais insumos residuais.

Segundo estudos e testes já realizados no Estado do Rio de Janeiro os custos totais de logística e transformação do óleo residual em biodiesel podem girar em torno de até 20% do valor do produto final processado o que poderia permitir um “lucro” razoável, transformando tais resíduos em biodiesel, o que se procurará testar e demonstrar nos estudos de viabilidade.

Em resumo, o lucro obtido em um litro de óleo vegetal residual poderia alcançar talvez o valor médio de uma passagem de transporte coletivo por ônibus na região metropolitana do Rio de Janeiro, hoje na faixa de R\$ 4,45. Isso é o que projeto deseja testar e avaliar.

Literalmente é como se o lixo pudesse passar a transportar pessoas nos transportes coletivos das cidades, gerando redução dos níveis de emissão de poluente (locais e globais), redução dos níveis de poluição dos corpos híbridos (rios, lagoas e mares) aumento da demanda de passageiros pagantes nos sistemas de transporte coletivo urbano (passageiros realmente novos, visto haver créditos novos de passagens, em bilhetes eletrônicos) e minimização dos efeitos da exclusão social

de populações que vivem em área de comunidade (nosso público alvo mais desejado de ser alcançado neste projeto).

O engajamento dos operadores de transporte coletivo por ônibus é essencial neste projeto, pois serão eles a consumir o biodiesel produzido a partir de óleo residual coletado, bem como serão eles os mais beneficiados também no uso dos créditos de passagem gerados, pois as pessoas utilizarão apenas meios de transporte coletivo regular para descarregamento de seus créditos de viagem. O projeto é social neste sentido, pois o lucro de toda atividade é destinado exclusivamente à maximização de créditos de passagem (bilhetes eletrônicos) sendo função social dos operadores contribuírem com tal mecanismo adquirindo o biodiesel a preços de mercado, sem nenhum tipo de benefício ou desconto acordado, a não serem aqueles benefícios ambientais e sociais anteriormente citados.

Atualmente consome-se no Brasil cerca de 15 litros de óleo vegetais por ano, por pessoa, havendo estudos que apontam que menos de 1% destes volumes são reaproveitadas de alguma maneira. A população da região metropolitana do Rio de Janeiro é atualmente de 11.835.708 o que poderia indicar um consumo potencial ano de cerca de 236 milhões de litros de óleos vegetais, um mercado de energia superior a um bilhão de reais por ano (considerando ao reaproveitamento destes resíduos como biodiesel), números potenciais que deverão ser mais bem levantados e analisados neste projeto.

Se apenas uma pequena fração destes óleos em estado residual (usado) pudesse ser destinada à geração e biodiesel poder-se-ia rapidamente estimar o tamanho do impacto que um projeto desta natureza poderia gerar.

Existe ainda toda a quantificação em termos de certificação dos créditos de carbono envolvidos neste tipo de programa, valores que serão também levantados e monetizados e que se somam aos ganhos possíveis, majoração dos benefícios e resultados relacionados ao tema aqui apresentado.

#### **4.4 Percepções da Ideia-conceito pelos principais stakeholders.**

A partir da ideia-conceito apresentada, realizamos pesquisa com os principais stakeholders do projeto. O objetivo foi trazer as diversas percepções de técnicos, empresários, representantes da academia e consultores sobre o tema. Para tanto, foram realizadas entrevistas com os seguintes interlocutores: André Dantas,

superintendente de Mobilidade da Prefeitura de Belo Horizonte; Ronaldo Caetano, empresário e diretor da Viação Nossa Senhora do Amparo; Olímpio de Melo Alvares Junior, consultor do Sindicato das Empresas de Transporte Coletivo Urbano de São Paulo (SPUrbanuss); Sérgio Muros, diretor da área de estudos do Detro-RJ; Luiz Henrique Sanches, consultor da área de combustíveis; Felipe Pinto, chefe do Serviço de Controle da Poluição Veicular do INEA; e Márcio D'Agosto, doutor em Engenharia de Transportes pela Coppe/UFRJ. As entrevistas foram realizadas pela plataforma Google Meet, onde apresentamos um resumo do que é o projeto, sempre dando enfoque principal à área de atuação do entrevistado.

#### 4.4.1 Percepções por stakeholders

##### a) Entrevista realizada com Sérgio Muros, Diretor da área de estudos do Detro

A entrevista com Sérgio Muros foi realizada no dia 22 de julho de 2022. Sérgio Muros possui Formação em arquitetura, com mestrado em engenharia de transportes, na UFRJ. Sua área de atuação é em Arquitetura e Urbanista Ampla vivência no setor público em Arquitetura e Transporte Público de passageiros, planejando e estruturando setores ligados as duas áreas. Colocado a par da ideia-conceito deste trabalho, Sérgio Muros, diretor da área de estudos do Detro-RJ, fez várias observações, conforme a seguir.

Sérgio achou importante levantar o índice de adesão ao projeto que se pode esperar por parte das empresas de ônibus, ou seja, o percentual que se disporia a utilizar o novo combustível. Ele considerou esse ponto de grande importância para verificação da viabilidade do projeto na prática.

Outros itens que o técnico levantou foram com relação ao grau de confiabilidade nas questões relativas ao novo combustível. Ele ressaltou que é necessário um alto nível de confiança, tanto na sua utilização, por parte dos operadores, quanto na qualidade mantida na produção e na garantia de abastecimento às empresas. O combustível precisa apresentar qualidade e estar disponível nas quantidades necessárias, a fim de que o projeto possa funcionar de forma positiva.

Muros vê como um fator positivo o fato de que, sendo o óleo a ser utilizado o reaproveitamento do produto original, isso não irá impactar em nada o valor do óleo usado na alimentação. Segundo ele, deve-se ter atenção para possíveis impactos do combustível na operação e na manutenção dos veículos. Sobre isso, afirmou que as fábricas de motores já vêm pesquisando esses efeitos e possuem estudos sobre o assunto. Outro ponto a ser considerado, em sua opinião, é a questão da armazenagem do óleo residual e do biodiesel. É necessário que haja uma garantia de que esse armazenamento seja feito de forma apropriada e sem gerar transtornos às empresas de ônibus.

Muros chamou a atenção também para o fato de que a substituição do combustível vai criar uma concorrência direta, podendo impactar o mercado.

No geral, achou positiva a ideia-conceito do trabalho, tendo sido essas suas principais considerações.

b) Entrevista realizada com Luiz Henrique Sanches – Consultor

A entrevista com Luiz Henrique Sanches também ocorreu no dia 22 de julho de 2022. Luiz Henrique é Engenheiro mecânico formado pela Universidade Católica de Petrópolis - UCP, e MBA executivo, Coppead, UFRJ. Trabalhou no grupo Ipiranga, na Repsol, como diretor comercial da refinaria do Grupo Manguinhos, então propriedade da Repsol e do Grupo Peixoto de Castro, sendo executivo da refinaria, distribuidora de combustíveis, rede de postos e fábrica de lubrificantes, ficando até 2003. Foi diretor comercial da destilaria Canabrava, uma Green Field, em Campos dos Goytacazes.

A entrevista com o consultor Luiz Henrique Sanches trouxe contribuições relacionadas ao tema da logística do processo proposto pelo projeto. Segundo ele, a capilaridade das linhas de ônibus, com seus itinerários e pontos finais de parada, permitiria que esses locais fossem utilizados também como pontos de captação de óleo. Isso poderia ajudar a coletar mais óleo, ao mesmo tempo em que reduziria os custos com logística das coletas. Os motoristas e despachantes poderiam ser envolvidos no processo, algo a se avaliar.

Indicou algumas ameaças quanto à natureza menos estável do biodiesel, por se tratar de um éster.

Sugeri que fosse identificada a possibilidade de se trazer um parceiro da área de petróleo de outro país, como investidor de longo prazo, visando dar viabilidade econômica e financeira ao projeto.

Outro ponto relevante apontado pelo consultor é o da redução do custo com frete, caso a produção do biodiesel seja feita aqui no estado do Rio de Janeiro, uma vez que o usado aqui vem de estados do Norte e Centro-oeste, podendo esse custo de frete ser superior a 25 centavos de real por litro. Esse é um ponto importante a ser considerado nos estudo de viabilidade econômica e financeira do projeto.

c) Entrevista realizada com Felipe Pinto, Chefe de Serviço de Controle da Poluição Veicular

A entrevista com Felipe ocorreu no dia 22 de julho de 2022. Felipe Pinto é graduado em Estatística pela UERJ, pós-graduado em Gestão Ambiental pela UERJ e Mestre em Engenharia Elétrica pela COPPE/UFRJ. Já atuou como estatístico em diversos Projetos de Pesquisas relacionados à Saúde Pública e ao Meio Ambiente. Atualmente, atua como Chefe de Serviço de Controle da Poluição Veicular. Interessasse por Controle da Poluição Veicular, Monitoramento de Qualidade do Ar e Programas de inspeção ambiental de veículos.

Felipe Pinto abordou questões vinculadas ao modelo de coleta, sugerindo dispositivos de recolhimento dentro dos próprios ônibus, ou convênios com comunidades religiosas, como igrejas católicas e evangélicas, baseado em experiência anterior, em projeto similar, que não objetivava, porém, a reutilização no transporte urbano de passageiros. Salientou que, através de contato com a Arquidiocese, teríamos mais sucesso, dada a hierarquia estabelecida, podendo ser aumentado o número dos pontos de coleta. Comentou também que não somente a população carente e moradores de comunidades poderão aderir, visto que as camadas mais altas da sociedade também poderão contribuir, gerando retorno em passagens para colaboradores alocados em suas residências (empregadas domésticas, motoristas particulares, jardineiros, caseiros etc.). Comentou que dentro das comunidades, líderes comunitários, pastores, padres e demais líderes poderiam ser envolvidos para gerar um maior engajamento da comunidade.

Destacou os benefícios da redução da emissão de gases que compõem o efeito estufa, e a redução da poluição de águas fluviais, diminuindo a contaminação do

ambiente. Destacou ainda a necessidade de um projeto-piloto para viabilizar essa proposta, de modo a avaliar a adesão da população, calculando o possível retorno financeiro. Sugeriu a adoção de pesquisas em grupos populacionais reduzidos, através de perguntas específicas sobre o projeto, buscando sua viabilização.

A performance desse novo biodiesel também foi alvo de reflexão, considerando o impacto no funcionamento dos equipamentos. Especificando qual seria a influência no desempenho e rendimento de motores nas diversas situações do transporte urbano, como vias planas, aclives etc. A deterioração de peças dos ônibus também foi alvo de preocupação, para que, em médio prazo, a economia proporcionada não seja revertida em elevação de custos com manutenção. Felipe Pinto destaca que os ganhos ambientais, econômicos e sociais serão excelentes, contudo, ressaltou a possibilidade de deterioração de maquinários, objetivando um estudo adicional, indicando novos stakeholders na área de fabricação de peças, que poderiam contribuir para uma visão mais aprofundada sobre desgaste de peças.

Foram abordadas questões sobre a circularidade da economia, onde o empresário de transporte urbano teria retorno através da fomentação da utilização do transporte público, trazendo novos usuários. Felipe entende que esta circularidade está garantida, pois o retorno está vinculado à utilização do próprio transporte.

Quando questionado sobre a aderência de players, agências de meio ambiente, como o Inea, Felipe afirma que ambientalmente seria muito favorável, contudo, não percebe aderência por parte do Inea, dado estudo ainda embrionário, sem retornos estabelecidos.

Analisando empresas envolvidas no tratamento de água e esgoto e o alto custo de tratamento, não soube se posicionar sobre a aderência ao projeto, destacando que os aspectos comerciais deveriam ser analisados, dada a privatização da antiga Cedae, atual Águas do Rio. Contudo, Felipe entende que, mediante a redução da poluição, essas empresas teriam diminuição no custo de tratamento, além de privilegiar aspectos de marketing e visibilidade Environmental, Social and Governance (ESG)

O técnico indica um possível financiamento pelo BNDES, visto que já há uma linha de crédito para projetos sociais a juros reduzidos. Destacou a CEF (CAIXA Econômica Federal) também como um banco ligado a estas questões, dada a capilaridade nas populações carentes, sugerindo uma conversão em benefício social e não somente em passagens.

Indicou o laboratório Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) para testes de emissões deste novo biodiesel, para inventário de emissões, vinculado também ao Ibama.

Destacou o potencial brasileiro em energias limpas e no processamento de biomassa, reforçando que a questão de efeito estufa é essencialmente de matriz energética.

Quando questionado sobre a possibilidade do Instituto Nacional do Ambiente (INEA) compensar a aplicação de multas em empresas de transporte, mediante a reutilização de óleo residual na forma de biodiesel, declarou ser a questão política, e ainda em votação na Assembleia Legislativa. Afirmou que existe uma deliberação sobre os projetos ambientais que são considerados para permuta / redução de multas.

d) Entrevista realizada com Dr. Márcio Dagosto

Márcio Dagosto, Dr. Coppe participou da entrevista no dia 25 de julho de 2022. O Dr Márcio Dagosto é Engenheiro Mecânico e de Automóveis (Instituto Militar de Engenharia - IME), mestre (IME) e doutor (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa - COPPE/ Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ) em engenharia de transportes.

Mais de 30 anos de experiência em gestão de cadeia de suprimentos e mobilidade. Empresas nacionais (Ipiranga/Minasgás S.A.) e multinacionais (SHV Energy/Coca Cola). Foi Diretor de Planejamento de Transportes da Superintendência Municipal de Transportes Urbanos (SMTU/Prefeitura do Rio de Janeiro). Foi professor do Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais (IBMEC) e do IME. Atualmente é Professor Associado da COPPE/UFRJ no Programa de Engenharia de Transportes (PET) onde Coordena o Laboratório de Transporte de Carga (LTC). Pesquisador 1A do CNPq (top 10), pesquisador líder em cadeia de suprimento sustentável da rede SCALE Latin América do Centro de Transporte e Logística (CTL) do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT). Presidente do Instituto Brasileiro de Transporte Sustentável (IBTS). Coordenador Técnico do Programa de Logística Verde Brasil (PLVB) (LinkedIn, 2022).

Mediante apreciação do estudo, Dr. Márcio Dagosto contribuiu com algumas questões que, inclusive, geraram reflexões para o grupo. Disse acreditar que a solução proposta tem uma visão inovadora pelo aspecto social, no que tange à

geração de renda, convertida em passagens para a população envolvida na coleta do óleo residual. Contribuiu com o compartilhamento de alguns artigos sobre a coleta de óleo residual e rotas de direcionamento para plantas de produção.

Abordou estudos que, no momento, estão sendo realizados em parceria com a universidade de Tsingha – China, onde, através de rotas enzimáticas, estão em busca de melhorias no refino de óleo residual. Ele entende que o custo de obtenção de óleo residual seria apenas o da coleta, visto que este seria descartado inicialmente, desta forma estabelecendo custo zero de matéria-prima.

Outra questão abordada e compartilhada através de artigos se refere ao poder calorífico do biodiesel, que, por ser menor que o coeficiente energético do diesel, exige um consumo maior dos motores em condições normais de funcionamento e salientou a redução de poluentes atmosféricos como benefício adicional do projeto.

Ilustrou as experiências de testes realizados com coleta de óleo residual da rede Mc Donald 's e de outros restaurantes, considerando as diferenças entre a qualidade do óleo residual de fritura e a quantidade de reprocessamento ainda nos restaurantes, o que interfere diretamente na qualidade final do óleo mediante descarte / coleta. Ainda dentro destes testes, alertou sobre uma possível concorrência, dado já haver uma cadeia de reaproveitamento entre restaurantes e indústrias de sabão, que processam este óleo e o revende no formato de sabão para os próprios restaurantes. Outra indústria que faz uso deste insumo é a de graxa. Ele alerta sobre o mercado concorrencial, caso o modelo de coleta em comunidades seja expandido para o nicho de restaurantes. Durante a entrevista foram geradas percepções sobre possíveis argumentações para coleta de óleo de restaurantes, ofertando-lhes créditos nas passagens de ônibus de seus colaboradores. Outra base a ser considerada é a base do Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJs) que adquirem vale-transporte para seus colaboradores, segmentando por ramo, no caso alimentício.

Dentre os cases abordados, Dr. Márcio Dagosto, ilustrou a utilização de testes na coleta do óleo residual, atestando a qualidade do óleo coletado e sua acidez, o que certamente precisamos considerar nos pontos de coleta que serão instalados. Reforçando que a qualidade do óleo residual está diretamente ligada à quantidade de processos de fritura a que foram submetidos. Alertou para o fato de que o modelo de processo através de rota enzimática pretere a qualidade do óleo submetido ao reprocessamento, otimizando a conversão em biodiesel.



Outro aspecto considerado mediante modelo de coleta passivo, onde os moradores de comunidades levarão o óleo residual até o destino, é a embalagem utilizada. Comumente, a embalagem pet é amplamente reutilizada pela população, sendo assim obrigatória a análise sobre como serão descartadas estas embalagens (tampa e garrafa), gerando economia circular. A capilaridade de pontos de coleta, como terminais rodoviários, garagens de ônibus e pontos avançados em comunidades também precisa ser bem definida, considerando o custo logístico e melhor posição geográfica desses pontos.

Outros aspectos mencionados estão diretamente ligados ao incremento de demanda das empresas de ônibus, as quais já possuem o custo operacional estabelecido, aumentando a ocupação de ativos, sem oneração do custo operacional.

Comentou-se também sobre a possibilidade de financiamento por distribuidoras, as quais realizarão a mistura do biodiesel em seus tanques, gerando um marketing positivo para estas empresas. Ainda dentro dos interessados no projeto, citou que geraríamos profundo interesse por parte da Coppe, Ipiranga e Vibra, que fazem parte do programa de logística verde do Brasil, diretamente vinculados a programas de ESG.

- e) Entrevista realizada com Olímpio de Melo Alvares Junior - Consultor do SPUrbanos (setor empresarial de ônibus da cidade de São Paulo)

Entrevista realizada no dia 25 de julho de 2022. Um pouco do Olímpio - Engenheiro Mecânico graduado em 1981 na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP. Especializou-se no Japão em controle de poluição veicular e na Suécia em transportes públicos e meio ambiente. Atua desde 1988 no desenvolvimento de programas de controle de emissões de veículos de 4 rodas (PROCONVE) e veículos de 2 rodas (PROMOT) e do Programa de Fiscalização de Rua de Fumaça Preta de Veículos a Diesel. É responsável pelo desenvolvimento do Programa de Inspeção Veicular Ambiental brasileiro e do Programa Nacional de Controle de Ruído de Veículos,.

A entrevista com o consultor Olímpio de Melo Alves Júnior se deu na forma de perguntas e respostas, via texto, e trouxe reflexões bastante aprofundadas sobre alguns temas que necessitam ser avaliados de forma mais detalhada neste estudo. De uma maneira geral, ele trouxe mais perguntas do que respostas, mas isso foi de

grande contribuição, visto a sua grande experiência no setor de energia, meio ambiente e transporte, no Brasil e no mundo.

Olímpio citou inicialmente questionou a hipótese de redução de emissões de gases poluentes, no caso de não haver incremento maior de biodiesel na mistura do diesel, em relação ao percentual que hoje é obrigatório, atualmente de 10%. Destacou também que as emissões de NOx se elevam com o aumento da mistura de biodiesel, sendo esta única desvantagem do biodiesel em relação ao diesel, em termos de emissão e poluentes locais, pois o NOx está relacionado ao aumento do ozônio troposférico, poluente secundário, gerado nos grandes centros urbanos.

Ele sugeriu que investigássemos também a legislação local sobre a destinação de óleos residuais, em especial de restaurantes, pois pode ser que essas empresas tenham obrigação legal de destinar corretamente seus resíduos, o que é bastante razoável.

Ainda sobre as relações de preço e demanda de matéria-prima (óleo residual) e produção de biodiesel, o consultor ressaltou a necessidade de se estudar bem o mercado internacional de commodities, em especial petróleo e óleo de soja, visto que o preço desse tipo de energia depende de cenário internacional volátil, e isso precisa ser, de algum modo, analisado em nosso estudo.

Destacou também questões relacionadas à qualidade do óleo de fritura entregue pelas pessoas (coletores e fornecedores), realçando que poderá haver contaminação intencional com água e/ou outros resíduos, com intenção de se apropriar de lucros indevidos, introduzindo matéria-prima de baixa qualidade no processo. Isso precisa ser bem estudado e controles precisam ser criados.

Olímpio sugeriu que os fabricantes de biodiesel sejam de algum modo envolvidos e consultados sobre o projeto, pois sua vivência com essa produção poderá acrescentar contribuições significativas ao todo.

Ainda sobre a análise de qualidade do óleo entregue, sugere que algum processo seja criado. Será possível analisar precariamente cada uma das garrafas de óleo que vão sendo entregues?

Sobre a análise de viabilidade econômica, ressaltou, mais uma vez, que análises de sensibilidades sejam realizadas, para trabalhar bem com os riscos relacionados a preços de combustíveis e custos de produção e aquisição de matéria-prima no Brasil, onde tudo muda com o “estalar de dedos”.

Sobre o mercado de carbono, achou interessante seguirmos nesta linha, e sugere que aprofundemos os cálculos e façamos um levantamento sobre certificação e custos relacionados a esse tipo de oportunidade.

f) Entrevista realizada com André Dantas – Superintendente de mobilidade da prefeitura de Belo Horizonte

Também realizada no dia 25 de Julho de 2022, a entrevista trouxe um pouco sobre o entrevistado. André Dantas é Doutor em Engenharia Civil (PhD), no Japão (2002), Mestre em Transportes Urbanos, Brasil (1998), Bacharel em Engenharia Civil, Belo Horizonte, Brasil (1995). Possui 29 anos de experiência em engenharia de transportes. Atuou profissionalmente em vários países (EUA, China, Austrália, Reino Unido entre outros). Por oito anos foi Professor de Engenharia de Transportes na Nova Zelândia. Hoje está na Prefeitura de Belo Horizonte como superintendente de mobilidade.

André Dantas mostrou-se favorável ao projeto, acredita que faz sentido, porém, fez algumas ressalvas que devem ser consideradas para sua viabilidade. Uma delas é ser uma ação pontual e não uma ação sistêmica.

Política pública: outro questionamento abordado pelo superintendente da BHTrans é a necessidade de ter uma política energética nacional, com segurança jurídica e institucional. Na visão dele, sem essa política, o projeto nasce bem, se desenvolve e, em pouco tempo, acaba. Acredita ser importante uma política energética nacional em que o projeto possa se encaixar, para garantir a longevidade do projeto. Não adianta o estado atuar, o município atuar sem essa política nacional.

Viabilidade/financiamento : trazer um parceiro de fora. Existe empresa que faz trade de energia e acredita que existe uma carência grande de inventar novas formas de fontes energéticas. Empresas compram e eles têm verba para investir, e bancar o Capex. A carência é grande e pode-se explorar isso para viabilizar o projeto.

Sustentabilidade/ESG: para algumas corporações, a imagem apresentada para a sociedade pode ter um valor muito grande. O empresário que tem pouco ônibus pode não se interessar, mas o que tem 5 mil, ou uma distribuidora como a Shell, por exemplo, ou alguma empresa de grande porte pode se interessar em potencializar investimento privado em projetos como esse.

Imagem: sobre o interesse do empresário em apoiar tal iniciativa visando à melhoria da imagem, Dantas não acredita no interesse do empresariado em apoiar, se não tiver algum ganho financeiro. O momento não é de estar preocupado com a imagem, passa a ser secundário. Se não for para reduzir custos, ele não faria esse investimento apenas pela imagem.

Se não for parte de uma mudança da mentalidade do operador, como novo modelo de negócio, não vai haver interesse. Pois já existe uma rotina de abastecimento. O empresário vai precisar perceber o ganho financeiro.

- g) Entrevista com Ronaldo Caetano - Empresário do setor de transporte coletivo de passageiros, diretor da Viação Nossa Senhora do Amparo.

Ronaldo Caetano participou da entrevista no dia 25 de Julho de 2022. Após uma breve contextualização sobre o projeto, destacando pontos relevantes a um novo modelo de negócio, tentamos buscar a percepção do empresário e sua opinião sobre a viabilidade do negócio.

Ronaldo Caetano acredita que o resultado do projeto terá um alcance social fantástico. Entende que para o setor: empresas, sindicatos, federação, também é uma grande melhoria para a imagem. Para a comunidade, é um grande ganho porque as pessoas vão pegar o que iam jogar fora e monetizar. Nesse sentido, a ideia é excelente, o mundo caminha para isso. A tendência é reciclar, pontuou o empresário.

Com relação à viabilidade do projeto, acredita ser um caso um pouco mais complexo. Difícil, mas não impossível. Precisaria que os empresários do setor olhassem para essa direção. Mas considera o momento que o segmento está passando é muito difícil para se ter esse olhar. A previsibilidade hoje não existe. As empresas vivem dia após dia. A prioridade atual das empresas é a subsistência. Essa não seria a prioridade, concluiu Ronaldo.

Caetano acredita que essa ideia, por ser nova, com alcance social enorme, pode interessar às refinarias.

Existe uma preocupação por parte do empresário com relação à mistura, e, conseqüentemente ao uso de biodiesel, por sujar mais os filtros. Com isso necessita-se de mudar o sistema de manutenção. Quanto maior o uso de biodiesel no diesel,

maior será a necessidade de manutenção nos tanques de armazenamentos nas garagens e nos filtros dos ônibus.

O ganho social, no negócio, na imagem, junto à comunidade é maior do que o que se teria que investir em manutenção. Do ponto de vista de imagem, Caetano não tem dúvida de que agrega muito, e que o projeto é atraente.

Alertou que as informações precisam ser mais detalhadas, as empresas devem ser melhor orientadas, devem ter mais informações. No passado, não teve esse tipo de orientação com a chegada do biodiesel.

Com relação a uma possível parceria com o poder público, não acredita ser a melhor opção. O processo de aprovação e até de operacionalização é muito demorado. O melhor mesmo seria ser somente pela iniciativa privada.

Sobre o interesse do empresariado em investir num projeto como esse, Caetano acredita que, sendo bem apresentado, mostrando os ganhos financeiros, sociais, ambientais, e, também, na imagem, pode haver adesão. Segundo Caetano, é uma oportunidade atraente; se conseguir mostrar ao empresário que é viável, ele vai aderir.

## **5 DESENVOLVIMENTO – PROPOSTA DE SOLUÇÃO**

Este trabalho aplicativo identificou, diante da gama dos desafios e oportunidade relacionados à implantação de novas fontes de combustíveis e alternativas tecnológicas para o setor de transporte coletivo por ônibus, as vantagens associadas à geração de biodiesel a partir de óleos residuais urbanos gerados pelo descarte de óleos comestíveis, sendo o seu aproveitamento uma oportunidade para geração de renda extra para a população carioca além de geração de uma fonte nova de recursos para potencializar a retomada da demanda no setor de transporte coletivo urbano.

Tal solução aqui apresentada uniu a potencialidade relacionada à baixa utilização de tais óleos residuais com a possibilidade da criação de um novo negócio que possa se enquadrar nos mais modernos conceitos daquilo que tem sido chamado hoje de “negócios sociais”.

Este novo negócio aqui apresentado visa transferir o lucro gerado na produção do biodiesel para os doadores do óleo residual, mas na forma de créditos de passagem o que de modo algum poderá ser desconsiderado como uma forma de aumento de renda, dada a extrema dificuldade com a qual as pessoas cada vez menos pagam as passagens de ônibus nos grandes centros brasileiro, em especial na cidade do Rio de Janeiro.

Atualmente a mistura de biodiesel no óleo diesel está em 10%, compulsoriamente. Nosso projeto prevê o aumento desta dosagem para 20%, um aumento significativo de 100% da quantidade de biodiesel hoje utilizada, percentual esse que poderá ser aumentado ainda mais, dado o sucesso da implantação do projeto.

Será apresentado abaixo a descrição detalhada do projeto, sua estrutura em termos de tecnologias e logística bem como a sua viabilidade em termos técnicos e financeiros, resultados que indicarão se o projeto poderá ser transformado em realidade, e de que maneira (cronograma de implantação).

### **5.1 Modelo para a utilização de energia alternativa no transporte urbano de passageiros na cidade do Rio de Janeiro com reflexos no desempenho do negócio das empresas operadoras do sistema.**

O modelo apresentado pelo framework na Figura 32 mostra de forma esquemática o fluxo de materiais (processo de transformação e logística), o fluxo financeiro e o fluxo e informações envolvendo a cadeia de valor do novo modelo de negócio proposto.

Nota-se a simplicidade da proposta em termos de identificação dos agentes envolvidos havendo clareza sobre a real necessidade de se obter engajamento social com a entrega do óleo residual pelos consumidores e residentes da cidade do Rio de Janeiro.

Sendo este um modelo de negócio que visa o compartilhamento dos lucros com a sociedade, em especial para os agentes doadores do óleo, nas comunidades, faz-se menção ao potencial do projeto em termos de adoção social e visibilidade, visto que a participação em massa no projeto e a demonstração de sua viabilidade operacional e financeira poderão sinalizar enormes ganhos de imagem e fortalecimento institucional a todos os envolvidos, além do aumento de demanda de passageiros, fato que será também demonstrado no modelo de viabilidade apresentado abaixo.

Figura 32- Framework do novo modelo de negócio social – produção de biodiesel a partir de óleo residual, na Cidade do Rio de Janeiro.



Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

### 5.1.1 DESCRIÇÃO DETALHADA DO MODELO

O framework acima apresenta os três fluxos principais do projeto, a saber: de materiais, produtos e matérias-primas do processo de produção do biodiesel; financeiro, que indica a maneira como os recursos e lucros advindos do negócio retornam aos doadores do óleo residual; e o de dados e informações, os quais serão



gerenciados por meio de um aplicativo - App - próprio para permitir os cadastros dos doadores do óleo residual e os créditos de passagem devidos, para ressarcimento.

Nota-se que a empresa que se responsabilizará pela implantação e gestão do projeto será a RIOPAR SA, empresa ligada ao sistema FETRANSPOR – Federação das Empresas do Transporte de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro. As empresas de ônibus do Estado do Rio de Janeiro estão todas elas organizadas em uma entidade patronal a qual dispõem de outras empresas controladas, sendo a RIOPAR SA seu principal braço empresarial e de negócios. A RIOPAR poderá alocar recursos próprios ou captar financiamento para o projeto estando centrado nela a gestão operacional e estratégica do novo negócio, isso em parceria com a FETRANSPOR, uma spin-off.

#### a) O Fluxo de Produção / Transformação

Todo o processo inicia-se com a entrega voluntária de óleo residual. É conhecido o fato de que a maior desse óleo se encontra no âmbito doméstico, sendo estes volumes comumente descartados de forma irregular. Como já mencionado, o foco maior deste novo negócio social é o de engajar residentes de comunidades e bairros cariocas a entregarem óleo comestível usado em locais adequados, tendo em vista o valor que lhes será devolvido, com monetização máxima possível pelo resíduo ofertado, valor a ser transformado em créditos de transporte após a produção do biodiesel e revenda para as distribuidoras de combustível.

Neste sentido, entende-se que o modelo de negócios não competirá diretamente com a atual cadeia de recolhimento de óleos residuais comestíveis na cidade do Rio de Janeiro, visto que esta rede se apoia em coleta sem remuneração às pessoas físicas, ou, no caso de grandes fornecedores (restaurantes, por exemplo), na troca destes volumes por produtos como sabão. Outro fator é que há um enorme volume de óleos residuais residenciais ainda não destinados de forma correta. Todavia, o modelo aqui proposto poderá vir a atrair parte do que é hoje destinado para a produção de sabão por outras redes coletoras, caso a remuneração por meio de créditos de passagem seja percebida como de maior valor pelos doadores atualmente existentes.

Sendo este um negócio social, onde a totalidade dos lucros visa à geração de créditos de passagem para os doadores do óleo, entende-se que sua maximização e

a redistribuição, na integralidade, aos doadores, possa apresentar uma atratividade absolutamente superior a qualquer outro negócio paralelo.

O óleo então será levado pelos doadores até os pontos de coleta, identificados inicialmente como: garagens de ônibus (as quais ficam nas imediações dos pontos mais populosos da cidade); terminais de ônibus; pontos finais de ônibus; igrejas conveniadas; escolas municipais, estaduais, federais e privadas conveniadas; condomínios e associações de moradores (bairros e comunidades cariocas) credenciados.

Em boa parte destes locais de entrega do óleo haverá sempre a necessidade de um funcionário responsável pelo recebimento do óleo e o correto lançamento da entrega dos volumes de óleo, mediante utilização de um aplicativo (APP) onde cada doador terá seu nome e CPF cadastrados e esses vinculados com um cartão eletrônico de passagem também cadastrado – cartão Riocard Mais.

A entrega deverá ser feita sempre em recipientes do tipo PET 2l, transparentes, que deverão estar cheios, por questões de logística de recepção, controle e deslocamento dos volumes até os locais da usina de produção de biodiesel.

Caminhões farão a coleta do óleo residual nessas embalagens e o transporte até as usinas de produção de biodiesel, devolvendo aos pontos de coleta, a cada retirada destes, os recipientes para acondicionamento dos PETs.

O biodiesel produzido será entregue pelas usinas às distribuidoras em caminhões-tanque, em volumes grandes, visando à minimização dos custos operacionais. A produção de glicerina deverá ser destinada a fabricantes de sabão, objetivando a monetização destes subprodutos. As usinas doarão os PET 2l contaminados com óleo residual para empresas que processam e reutilizam esse tipo de material, havendo inúmeras delas que poderão fazer a retirada dos mesmos por conta própria (sem custos logísticos de retirada).

O biodiesel então vendido pela usina para as distribuidoras de combustível passará a integrar a mistura de biodiesel no diesel convencional até o volume de 20% (óleo diesel B20), conforme se pretende dimensionar neste projeto. O óleo diesel B20 deverá ser entregue nas garagens de ônibus ao mesmo valor do óleo diesel convencional (hoje o B10). A utilização do B20 pelos ônibus diminuirá as emissões globais e a emissão de poluentes locais.

## b) O Fluxo Financeiro

Em relação ao fluxo financeiro, importa destacar, uma vez mais, a natureza do negócio - um negócio social. O objetivo principal é destinar integralmente os lucros auferidos na produção de biodiesel a partir de óleos residuais para os doadores do óleo, mediante créditos que somente poderão ser utilizados em transporte coletivo de passageiros por ônibus, visando aumentar a mobilidade urbana de pessoas que naturalmente não se deslocam nos meios de transporte público por falta de recursos, muita das vezes. Deste modo, o negócio em si é o de produção de biodiesel a partir de matéria-prima residual (usada), mas visando maximizar o retorno desse valor aos doadores e usuários, dando a eles percepção de que há enorme valor no que hoje descartam de forma irregular. Parte do exercício a ser feito na etapa final deste projeto será o de identificar o valor agregado do biodiesel produzido por meio de óleo residual e o valor maximizado que poderá retornar ao doador do óleo depois de computados todos os custos produtivos, operacionais e logísticos da cadeia, além dos impostos.

Começa-se então pela venda do biodiesel às distribuidoras de combustíveis, as quais certamente terão interesse de participar deste projeto, visto a natureza de ESG. Elas tradicionalmente participam de projetos de uso de biodiesel no Brasil e acreditamos que este, por ter uma natureza ainda mais sustentável e correlacionada com o tema social, lhes será bastante atrativo. Uma vez que as distribuidoras comprem nossas produções de biodiesel ao preço de mercado atual, passa-se a assegurar a fonte de receita principal, podendo-se contar ainda com a venda da glicerina para a indústria de sabão. Os valores de mercado do biodiesel e da glicerina são conhecidos e serão levantados na etapa final de análise de viabilidade deste projeto.

Os recursos da venda deste biodiesel deverão ser recebidos pelas usinas, que direcionarão os lucros posteriormente para a RioPar/ Fetranspor, de modo que possam ser rateados entre os doadores de óleo residual que deram início ao processo. Sendo a RioCard uma empresa sob o controle da RioPar/Fetranspor, imediatamente creditará esses valores nos cartões de passagem dos doadores do óleo. Estes, por sua vez, poderão utilizar mais os ônibus em deslocamentos novos, fortalecendo as receitas dos operadores, que, dessa forma, poderão mais facilmente adquirir óleo diesel B20, dando continuidade ao processo, num verdadeiro círculo virtuoso.

Importa ressaltar aqui o interesse que os operadores de transporte terão ao perceberem que créditos novos estarão sendo gerados para uso no transporte coletivo, na forma de uma demanda nova (demanda reprimida). Os empresários comprarão o óleo diesel B20 ao mesmo valor por que atualmente compram o B10, o que pode parecer, de imediato, algo não atrativo, todavia, não se poderá deixar de mencionar aqui o aumento das receitas com o aumento do número de passageiros pagantes. Haverá mais crédito de passagens nos cartões, os quais serão certamente utilizados, de uma maneira ou de outra, nos ônibus.

Um importante fluxo de recursos dar-se-á inicialmente, e este não pode ser ignorado, quando da partida e montagem inicial do projeto. Os custos relacionados ao investimento inicial, em especial os da montagem das usinas e dos principais pontos de coleta; da logística; da criação dos APPs e outros sistemas de controle dos doadores do óleo e sua integração com os sistemas de crédito de passagem da RioCard, serão custeados e gerenciados pela Riopar/Fetranspor. Esse fluxo financeiro dar-se-á, em sua maior parte, no início do processo, dependendo dos tipos de financiamento que serão identificados como os mais viáveis.

### c) O Fluxo de Informação

Haverá troca direta de informações entre os doadores do óleo residual e a entidade que irá gerenciar todo o negócio, a RioPar\Fetranspor. Será criado um APP visando à troca de informações e ao gerenciamento total dos dados cadastrais dos doadores, suas entregas de óleo e créditos de passagem efetuados.

Ao chegar num ponto de coleta e fazer a entrega do óleo residual, o doador será imediatamente identificado pelo APP do projeto. Os volumes recolhidos serão posteriormente enviados para a usina. Caberá ao funcionário do ponto de coleta a identificação visual do material recebido, sempre em embalagens PET 2l transparentes, garantindo o registro correto e o controle dos volumes na conta de cada doador, devidamente cadastrado pelo número do CPF. O sistema fará o crédito antecipado de passagem no cartão do usuário, que poderá utilizá-lo imediatamente, no cartão Riocard Mais previamente cadastrado para esta finalidade.

Os doadores de óleo residual terão acesso ao APP do projeto e lá poderão acompanhar os seus dados, volumes de entrega e fluxos de informação e

financeiros envolvidos. O APP apresentará mensalmente a prestação de contas do projeto e os lucros auferidos, bem como a sua correta distribuição entre todos os doadores.

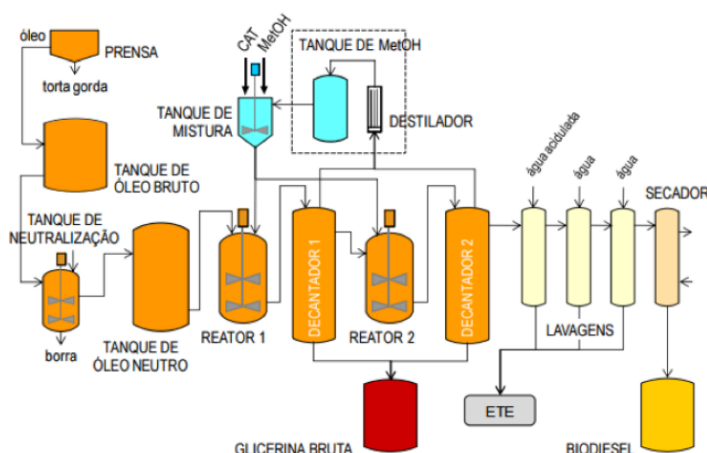
## 5.2 Análise de viabilidade para o modelo

### 5.2.1 VIABILIDADE TÉCNICA

A produção de biodiesel a partir do óleo de fritura usado é possível devido ao processo físico-químico da transesterificação por rota metílica. Embora existam outros métodos, este tem se mostrado mais eficiente quanto ao rendimento final, tempo de produção e melhor aproveitamento dos insumos (ou taxa de conversão de matéria-prima em produto acabado). A transesterificação é o processo de produção de biodiesel mais utilizado no Brasil (MURTA, 2021).

É viável a produção de biodiesel nos processos de transesterificação utilizando óleos residuais, mas é necessário seguir as seguintes etapas: filtração, remoção de impurezas, adição de álcool e catalizadores, separação de biodiesel e glicerina produzidos, adição de terra filtrante e clarificante ao biodiesel e remoção de impurezas por meio de nova filtragem. Para se ter uma melhor visão do processo realizado, a figura 33 ilustra de forma esquemática o método de transesterificação metílica para óleos residuais.

Figura 33 - Método de transesterificação metílica para óleos residuais.



Fonte: Castellaneli (2016)

Ficou definido um total de 10 mini-usinas de biodiesel, com capacidade média de produção em torno dos 3.000 litros/dia cada, como sendo o modelo ideal para o nosso negócio, podendo ser alocada em espaços menores (em especial dentro de garagens ônibus já existentes), cuja média da área total da edificação destinada ao acondicionamento da miniusina é de aproximadamente 64 m<sup>2</sup> (VERNINE, 2019). A usina funcionará 8h por dia e necessitará da mão de obra de apenas três funcionários (sendo um responsável técnico e dois operadores) (FIGURA 34)

Figura 34 -Mini-usina Flex de Biodiesel IEE/USP



Fonte: Giancesella, IEE/USP (2013)

Os principais insumos para o processo produtivo do biodiesel são o óleo residual, o álcool metílico, o catalisador e os aditivos químicos, listados abaixo:

> Matéria prima - Será necessária a coleta de cerca de 943.181 litros por mês de óleo residual para a produção dos 830.000 litros por mês de biodiesel, a serem distribuídos pelas 10 usinas, considerando o potencial de perda do processo;

> Metanol - É o principal insumo utilizado no processo. Sua demanda é de 12% do total da produção (EPE, 2019). Ou seja, serão necessários cerca de 99.600 litros por mês, a serem distribuídos nas 10 usinas;

> Catalisador - A demanda deste aditivo químico é de 0,4% do total da produção (NOELI, 2007). Ou seja, serão necessários cerca de 3.320 litros por mês, a serem distribuídos nas 10 usinas;

> Ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) - A demanda é de 0,58% do total da produção (NOELI, 2007). Ou seja, serão necessários cerca de 4.814 litros por mês, a serem distribuídos nas 10 usinas;

> Água de processo - A demanda é de 18% do total da produção (Murta, 2021). Ou seja, serão necessários cerca de 149.400 litros por mês, a serem distribuídos nas 10 usinas;

> Consumo de Energia Geral - A demanda é de 0,0316 Kwh por litro de biodiesel produzido (MURTA, 2021). Ou seja, serão necessários cerca de 26.252,9 Kwh por mês, a serem distribuídos nas 10 usinas;

Sobre os custos operacionais de usinas de biodiesel, verifica-se que é pouco intensivo em mão de obra, cuja explicação se dá, em parte, pela simplicidade das reações químicas necessárias ao processo além dos processos de produção ser já processos semi-automatizados, o que dispensa grande parte do efetivo de operadores.

O projeto só se viabilizará tecnicamente com o desenvolvimento de um aplicativo – APP próprio para gerenciar o cadastro de doadores, o recebimento dos volumes de óleo e o pagamento por meio de créditos de passagens, os quais serão realizados em cartões previamente cadastrados e relacionados com os doadores, cartões Riocard Mais.

A divulgação e o marketing do programa certamente atrairão parcerias privadas e governamentais, dada à natureza de ESG do projeto, sua sustentabilidade, mas tudo isso deverá ser cuidadosamente construído a alinhando, também com o poder público presente. Os patrocinadores potenciais serão as distribuidoras de combustível e as empresas públicas privadas de saneamento, os quais também precisam ser convencidos e engajados.

Outro tema extremamente técnico e necessário para a comercialização do biodiesel será a necessidade de se atender aos 20 indicadores de qualidade do produto (RESOLUÇÃO ANP Nº 45 DE 25/08/2014), antes da venda às distribuidoras, a ser realizada por laboratório credenciado. Além do laudo de qualidade exigido pela ANP para a comercialização será importante haver processo de avaliação da qualidade do óleo residual que chega às usinas, antes de ser inserida no reator de inicialização da produção. Neste sentido, existem três ensaios preliminares capazes de determinar se o óleo coletado é indicado para a produção de biodiesel: parâmetros relativos à presença de água, acidez e viscosidade.

### 5.2.2 VIABILIDADE OPERACIONAL

Para contextualização da viabilidade operacional do estudo é necessário considerar principalmente aspectos relacionados à demanda e como se estima o fluxo de materiais em transformação. Desta forma objetiva-se entender que atualmente com a legislação em vigor, já há a adoção de 10% de Biodiesel, denominado óleo diesel B10.

Para estudo dessa demanda, considerou-se a elevação de 10% sobre o atual óleo diesel B10, atingindo-se assim o 20% de biodiesel na mistura, o que nada mais é do que a adoção de mais 10% de Biodiesel nos atuais 10% considerados pela legislação em vigor e autorizados pela ANP.

Segundo IBGE, em julho de 2021 a cidade do Rio de Janeiro mantém a posição de segunda cidade mais populosa do país, com 6,8 milhões de habitantes. E segundo estudos do (PROVE 2007) a demanda de consumo humano de óleo vegetal é de 15l per capita por ano. Considerando-se uma perda de 30% deste óleo, por absorção dos próprios alimentos.

Segundo estudo publicado pelo Muniz et al (2015), no processo produtivo somente 88% do óleo residual se transformará em biodiesel, em volume, havendo uma perda de 12% em volume (cada litro de óleo residual produzirá 0,88l de biodiesel).

Outro estudo indicador a ser considerado é o de consumo de óleo diesel pelas empresas de transporte rodoviário urbano na cidade do Rio de Janeiro, estimado em 8,3 milhões de litros por mês, para uma frota média estimada de 3.200 ônibus, primeiro semestre de 2022.

Com base nestes dados foi projetada demanda de acordo com a população da cidade do Rio de Janeiro, informações de consumo de óleo vegetal por pessoa, e do consumo de óleo diesel pelas empresas de transporte urbano de passageiros por ônibus, conforme demonstrado na tabela 2:



Tabela 2 - Demanda Estimada

População Município Rio de Janeiro	6.800.000	Pessoas
Consumo óleo Vegetal per capita / Ano - em Litros	15	Litros
Consumo óleo vegetal per capita / mês	8.500.000	Litros
Disponibilidade de óleo residual mediante perda de 30% / mês	5.950.000	Litros
88% do óleo Residual com potencial para transformação em Biodiesel / mês	5.236.000	Litros
Consumo de Diesel S10 - Transporte Passageiros ônibus / mês	8.300.000	Litros
B10+10% de Biodiesel Residual => Meta de Produção / mês	830.000	Litros
Meta de coleta de óleo residual / 0,88	943.182	Litros
Meta de Captação / Produção em garrafas PET 2l Mês	471.591	Garrafas
Percentual de Captação de óleo Residual da População	18%	

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

Para que haja êxito, esta proposta precisa minimamente ser capaz de coletar 18% de todo óleo residual consumido por mês na cidade do Rio de Janeiro, para que assim, estes 943 mil litros sejam transformados em biodiesel nas usinas e adicionados aos 8,3 milhões de litros consumidos pelas empresas de ônibus da cidade. Se faz necessária então a coleta de 471,5 mil garrafas PET por mês, ou 18.138 garrafas PET 2l dia, considerando-se 26 dias úteis.

Segundo SEBRAE (2015), estudos sobre a população da cidade do Rio de Janeiro, divididas em suas quatro principais zonas geográficas, tem-se na figura 35.

Figura 35- População Residente, Área Total e Densidade Demográfica:  
Cidade do Rio de Janeiro, 2010

	POPULAÇÃO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	DENSIDADE DEMOGRÁFICA (HAB/KM <sup>2</sup> )
ERJ	15.989.929	43.780	365
Rio de Janeiro	6.320.446	1.225	5.161
Centro e Zona Sul	1.303.785	133	9.794
Zona Norte	2.645.526	260	10.185
Zona Oeste	2.371.135	832	2.851

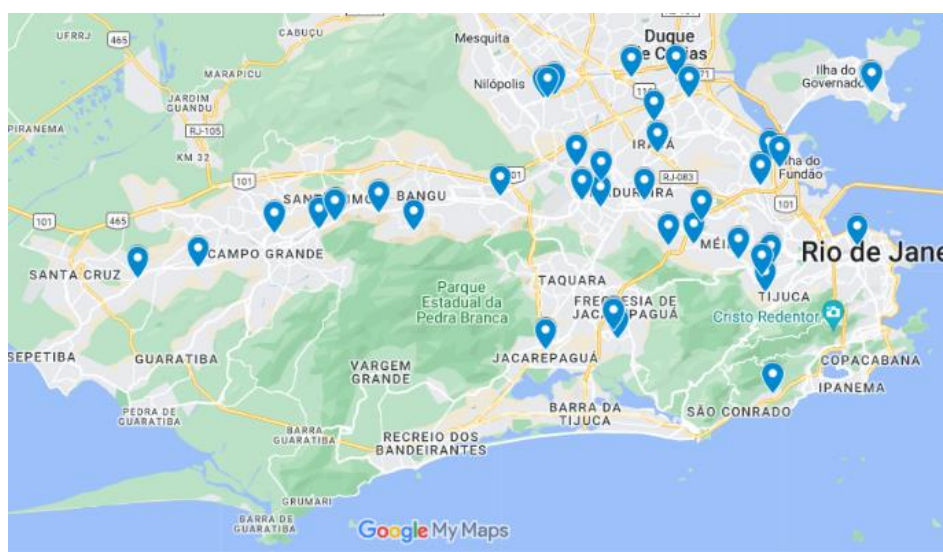
Fonte: SEBRAE (2015)

Desta forma, temos:

- ✓ -Centro e Zona Sul com 21% da representatividade da População e 11% do Território;
- ✓ -Zona Norte com 42% da População e 21% do Território;
- ✓ -Zona Oeste com 38% da População em 52% do Território.

Outro objeto de viabilidade da proposta de solução abrange a localização das usinas de refino de biodiesel. Como solução de baixo custo e em parceria com as empresas de ônibus da cidade, sugere-se um modelo de alocação das usinas que, abordados no tópico de viabilidade técnica, as quais poderão ser perfeitamente alocadas em garagens de ônibus espalhadas pela cidade, dado seu pequeno porte e baixa demanda por área de edificação. Na figura 36 é apresentado a localização das principais empresas de ônibus da Cidade do Rio de Janeiro demonstrando sua distribuição geográfica.

Figura 36 - Mapa de Garagens de ônibus – Cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

Estas garagens de ônibus, além de capacidade para recepção de pequenas usinas, podem ser inclusive utilizadas como pontos de coleta de óleo residual.

Considerando a equidistância necessária para esta operação, e a necessidade de captação de óleo residual residencial, conforme exposto no entendimento da demanda, sugere-se a alocação das usinas conforme descrição em quatro Zonas:

- Zonas Oeste-> Paciência, Campo Grande e Jacarepaguá

- Zona Norte-> Tijuca e Irajá
- Zona Sul e Centro-> Rocinha

Na figura 37 demonstra-se a sugestão de instalação das 10 usinas conforme viabilidade Técnica

Figura 37- Distribuição de Usinas em Garagens de Ônibus



Legenda: Azul-> Garagens de ônibus Vermelho-> Garagens de ônibus com Usinas

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

Outro fator para preponderância das localidades sugeridas, se aplica por outro direcionamento do SEBRAE (2015), onde a maior densidade demográfica da cidade do Rio de Janeiro está na Rocinha, com 48,2 mil habitantes, Campo Grande e Bangu, próximos a região de Paciência são os bairros mais populosos da Zona Oeste. Ainda na Zona Oeste, Jacarepaguá é o ponto mais equidistante da cidade. Na Zona Norte Irajá e Tijuca se justificam também por equidistância. Demais bairros como Ilha do Governador, Magalhães Bastos, Irajá e Vila Vaqueiro se justificam pela proximidade a comunidades e distância dos pontos de Coleta.

A definição de pontos de processamento do óleo residual já nos direciona para outra etapa do objeto de solução deste modelo, onde se faz necessário o estabelecimento de rotas de coleta das garrafas PET 2l, contendo óleo residual. Desta forma, por abrangência de diâmetro de atuação, buscamos atender as regiões mais populosas da cidade, que geograficamente possui regiões de menor

adensamento populacional, dada presença dos Maciços da Tijuca, Gericinó e Pedra Branca.

Em paralelo, para se atingir as regiões mais populosas, alvo do objeto de estudo, na figura abaixo se identificou as comunidades onde a população possui menor poder aquisitivo, a fim de movimentar a economia e potencializar o retorno do óleo residual em créditos de passagem para utilização dos ônibus do município. (FIGURA, 38)

Figura 38- Mapeamento das principais comunidades do Rio de Janeiro



Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022).

A partir dessas análises foi projetada a abrangência de coleta e retorno para as usinas, conforme figura 39.

Figura 39- Plano de Rotas de Coleta



Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

Esta proposta de abrangência elíptica proporcionará rotas de coleta com padrão bissemanal (SEG e QUI, TER e SEX, QUA e SAB) em formato circular, pode-se adotar a utilização de 10 veículos coletores cobrindo toda a região da cidade, e com periodicidade para coleta da demanda proposta em 30 rotas distintas (10 veículos x 3 rotas cada).

Desta forma, a tabela 3 mostra a demanda inicialmente levantada em 471,5 mil garradas PET 2l / mês, que divididas nas 30 rotas propostas de coleta / dia, chega-se à uma demanda de 3,6 mil Kg / rota / dia, em média.

Tabela 3- Plano de Coleta

Demanda / Mês	471.591	Pet 2l
Demanda / dia (26 dias)	18.138	Pet 2l
Usinas	10	
Demanda Usina / Dia	1.813,81	Pet 2l
Peso Considerado / Dia	3.627,62	Kg

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

Muito embora a densidade do óleo seja menor do que a da água, consideramos a relação 1l x 1Kg, por margem de segurança, considerando peso da embalagem, tampas etc.

Para esta relação de peso, em vias urbanas, e/ ou comunidades, serão necessários veículos 3/4 com eixo duplo (truckado / 6x2), com maior capilaridade e

com capacidade para 4,5t. Similar aos veículos de distribuição urbana de bebidas e com baias laterais, também conhecido como sider, para facilitar o carregamento e descarregamento, conforme figura 40.

Figura 40- Caminhão  $\frac{3}{4}$  VUC Truckado 6x2



Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

Para esta demanda em 8h diárias de trabalho, conseguirão atender em média 7 pontos de coleta, em rotas não superiores à 40Km, proporcionando assim a geração de 210 pontos de coleta distintos na cidade se considerarmos as 10 abrangências multiplicadas por 3 rotas em cada abrangência, à um custo estimado de R\$ 500 reais / veículo / dia (valores de referência, considerando tabela de diárias atualmente praticadas por transportadoras na cidade do Rio de Janeiro). Isso resultará em um custo mensal total de R\$ 130 mil, considerando 260 diárias à R\$ 500 cada, conforme tabela 4.

Tabela 4 - Dimensionamento de Coleta

Veículos 3/4	10
--------------	----

Rotas	30
Pontos de Coleta / Rota	7
Dias de Operação	26
Diárias	260
Custo 3/4	R\$ 500,00
Custo Total	R\$ 130.000,00
Pontos de Coleta	210

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

Já o acondicionamento para transporte destas garrafas PET 2l poderá ser realizado em embalagens conforme apresentado na figura 41, propiciando empilhamento e transporte.

Figura 41– Caixa acondicionadora de Pet 2l



Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

Esta sugestão de embalagem, abriga até 12 garrafas PET, que para demanda apresentada de 1.813 garrafas / dia / usina, chegamos à ocupação de 151 caixas por veículo, sendo factível para os 21m<sup>3</sup> de capacidade de um veículo 3/4. Ver tabela 5.

Tabela 5 – Cálculo de Cubagem de Veículos

Demanda Pet Usina	1.813,81
Pet / Caixa	12,00
Caixas / Veículo	151,15

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

No que se refere a estrutura dos pontos de coleta, projetamos uma área aproximadamente pequena, que seja capaz de abrigar uma estrutura mínima de área

de armazenagem de caixas acondicionadoras de Pet 2l, com gradil para reservar esta área e um local para o colaborador do projeto, por ponto de coleta.

Para estimar a demanda de transporte entre as 10 Usinas e as Distribuidoras de combustível, para a entrega final do biodiesel produzido, é preciso considerar que esta demanda chegará à ordem de 830 mil litros de biodiesel por mês, podendo essa produção ser armazenados em tanques maiores, para uma coleta semanal por caminhão tanque.

Além da validação do atingimento da meta de produção de 830 mil litros / mês de biodiesel, simulada no início desta viabilidade, estimamos o custo de transferência entre usinas e distribuidoras em 40 viagens à um custo aproximado de R\$ 1 Mil cada, totalizando um custo operacional mensal de R\$ 40 Mil reais, conforme tabela 6.

Tabela 6 – Demanda Projetada de Transferência entre Usinas e Distribuidoras

Produção da 1 Usina /Dia	3.192	Litros
Acumulo Semanal (6 dias)	19.152	Litros
Acúmulo Mensal (26 dias)	82.992	Litros
Viagens 1 Usina - Distribuidoras (por mês)	4	Viagens
Usinas	10	
Viagens Usinas / Distribuidora	40	Viagens
Viagem de Transferência	R\$ 1.000,00	

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

Deste modo temos abaixo a estimativa dos custos totais com logística, para a operação das 10 usinas e para a operacionalização da rede de coleta do projeto, totalizando R\$ 170 Mil reais por mês, conforme tabela 7.

Tabela 7 – Custos Totais com Transporte

Custo com Coletas / Mês	R\$ 130.000,00
Custo com Transferências / Mês	R\$ 40.000,00
Total	R\$ 170.000,00

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

### 5.2.3 VIABILIDADE ESTRATÉGICA



O setor de transporte coletivo de passageiros brasileiro passa por séria crise, que já dura alguns anos. Em condições econômico-financeiras difíceis, o segmento teve a situação agravada pela crise econômica que atingiu diversos setores da economia nacional. No estado do Rio de Janeiro, a crise política, a não concessão do reajuste tarifário durante dois anos consecutivos e o envolvimento na operação Lava Jato vieram tornar a situação ainda mais crítica.

Como se não bastasse, a pandemia de Covid-19 provocou enorme queda na demanda e trouxe a necessidade de assegurar a continuidade da operação do serviço durante todo o período de isolamento social, a fim de permitir que outros serviços essenciais continuassem funcionando. Ao contrário do que aconteceu em outros estados, não houve qualquer apoio do poder concedente para tal, o que levou o segmento à beira do colapso. Diante de todo esse cenário, ficou muito difícil cumprir satisfatoriamente seu papel, de importância fundamental para a qualidade de vida e o bom funcionamento das cidades.

O projeto tem alguns objetivos estratégicos, tais como, a sustentabilidade ambiental, a sustentabilidade social, a melhoria da imagem do setor de transporte de passageiros por ônibus, e, também, o aumento da demanda de passageiros novos, conseqüentemente, aumento da receita (FIGURA, 42).

Figura 42 - Objetivos Principais

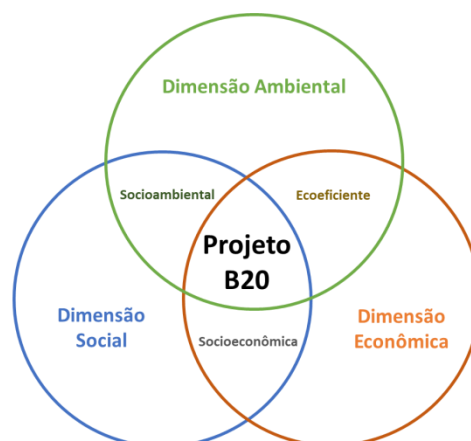


Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

Do ponto de vista das dimensões ligadas ao tema da sustentabilidade podemos observar que o nosso projeto do Biodiesel B20, feito a partir de matéria prima residual,

via coleta direta com pessoas das comunidades mais carentes, encontra-se no centro das interseções de cada uma das dimensões mais importantes do tema da sustentabilidade, conforme figura 43.

Figura 43- Projeto B20 no âmbito da sustentabilidade



Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

#### a) Sustentabilidade ambiental:

Nos últimos anos vem se falando muito da necessidade de melhorar a qualidade de vida da população, e, com isso, investir em iniciativas educativas, em projetos de inclusão social e em programas de qualificação profissional.

A maior parte de óleo residual (óleo de cozinha usado) que se encontra na residência das pessoas, costuma ser descartado de maneira irregular, em pias, ralos e locais sem acesso a rede de efluentes, gerando resíduos na rede de esgoto e interrompendo o fluxo da água.

Ambientalmente, o descarte incorreto do óleo residual representa uma grande fonte de contaminação, considerando que um litro de óleo de cozinha usado descartado no ralo da pia pode poluir um milhão de litros de água potável. Essa é a quantia equivalente ao consumo de uma pessoa até os 14 anos de vida. No Brasil, estima-se que mais de duzentos milhões de litros de óleo usado vão, por mês, parar em rios e lagos (OIL WORLD, 2020).

A contaminação do solo é outro impacto passível de ser provocado pelo óleo, que pode impermeabilizar os diferentes tipos de solo, causando erosões e enchentes (FILHO *et al*, 2013).

Para minimizar os problemas relacionados ao descarte do óleo residual, todos os grupos de interesse buscam alternativas tecnológicas e gerenciais de controle e prevenção da poluição como, por exemplo, o estímulo ao reuso do óleo vegetal residual de fritura no processo de produção do biodiesel. Nesta prática também existe o incentivo à reciclagem das garrafas PET (utilizadas para acondicionar o óleo usado) que apresentam grande tempo de decomposição na natureza e precisam ser inseridas em programas de reaproveitamento.

Do ponto de vista da qualidade do ar, os combustíveis fósseis (como o óleo diesel e a gasolina, oriundos do petróleo) geram problemas ambientais e contribuem para a poluição atmosférica, tanto na esfera global (com a geração do CO<sub>2</sub>, que se relaciona com o efeito estufa e o aquecimento global), quanto na esfera local, já que a queima desses derivados para a geração de energia, gerando também o material particulado (MP), o óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), os hidrocarbonetos (HC), o óxido de enxofre (SO<sub>x</sub>), e o monóxido de carbono (CO), entre outros gases, impacta diretamente a saúde humana e causa doenças cardiorrespiratórias.

#### b) Sustentabilidade social:

O modelo de projeto proposto tem o objetivo de engajamento das pessoas, principalmente os moradores das comunidades do entorno das garagens de empresas de transporte de passageiros, a participarem do programa entregando o óleo de cozinha usado, nos locais indicados, com o objetivo de realizar uma permuta e receber um valor que será gerado em forma de passagens para o transporte público, diminuindo o impacto ambiental gerado pelo setor de transportes.

A doação do óleo residual pela sociedade civil visando à geração de créditos de passagens para os doadores reflete a importância da geração de renda através de ações de sustentabilidade.

O projeto, diretamente relacionado aos princípios da sustentabilidade ambiental, econômica e social, estimula a sensibilização da sociedade, proporciona a conscientização ambiental, possibilita ganhos financeiros para todas as partes envolvidas e gera representatividade social.

#### c) Sustentabilidade Econômica:

No aspecto econômico, o biodiesel vem se tornando cada vez mais competitivo, diante da matriz energética nacional e por possibilitar um complemento de todas as novas tecnologias do diesel, com desempenho similar e sem a exigência da instalação de uma infraestrutura ou política de treinamento (COSTA NETO *et al.*,2000).

A utilização de biodiesel de óleo de fritura é economicamente atraente, pois permite a valorização do produto, a geração de empregos e o engajamento popular no entorno dos pontos de coleta, aumentando a adesão social aos programas de logística reversa e retorno financeiro.

O processo de produção de biodiesel com óleo de fritura também gera o glicerol, uma substância empregada nas indústrias e com usos farmacêuticos, alimentícios, perfumaria, plástico e muitos outros.

Todos os benefícios se voltam para a melhoria da qualidade de vida da população, evidenciando a importância de uma destinação correta para o resíduo e representando uma atividade economicamente viável.

#### d) Melhoria da Imagem Institucional:

As organizações estão cada vez mais engajadas nas ações ligadas ao Ecoambiental, Social e Governança (ESG); indicando um “trunfo” para recuperação de imagem e reputação. Sendo fundamental a busca por um resultado consistente, dentro dos pilares socioeconômicos e socioambientais que, de fato, precisam ser praticados pelas empresas.

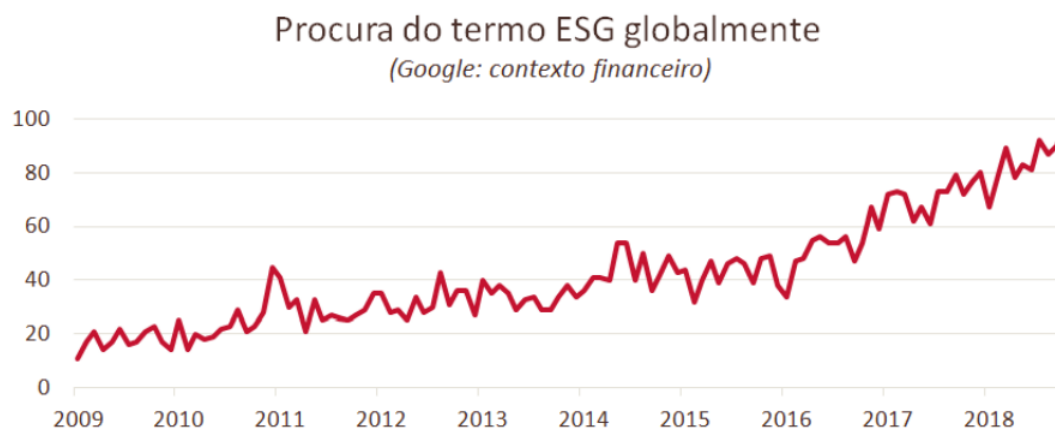
As práticas de boa governança alinhadas aos princípios socioambientais podem ser analisadas através de atos contínuos, observando como as companhias são geridas internamente, bem como seu relacionamento com seus stakeholders (sejam eles acionistas, fornecedores, clientes, funcionários, público de interesse ou comunidade).

O crescente interesse por ESG tem rapidamente transformado a indústria de investimentos, levando a uma maciça movimentação dos investidores que se preocupam com aspectos de ESG a deslocar seus portfólios para ativos ou fundos que estejam alinhados com seus princípios.

Segundo o Principles for Responsible Investing (PRI), o total de ativos geridos por seus signatários atingiu US\$ 86 trilhões em 2019, cerca do dobro do montante de cinco anos atrás e o quádruplo do valor de 2009, indicando que o mercado aponta

para o fortalecimento das marcas que buscam a sustentabilidade por meio dos aspectos ambientais, sociais e de governança.

Figura 44 - Evolução da procura pelo termo ESG no 'Google Trends'.



Fonte: Google Trends (2019)

Do ponto de vista do negócio do transporte de passageiros por ônibus, há uma previsão de recuperação de demanda reprimida, uma vez que estudos mostram que muitas pessoas ficam sem acesso ao transporte por falta de recursos, e a conquista de créditos para serem utilizados nos ônibus vai abrir a oportunidade de utilização desse meio de transporte para essa fatia da população. O acesso aos créditos vai possibilitar também que aqueles que não utilizavam o ônibus por outros motivos possam utilizá-lo, pela facilidade e praticidade, atraindo novos passageiros e criando hábitos de consumo que serão benéficos, tanto para esses clientes como para os operadores.

Sendo assim, o programa de produção do biodiesel é coerente com os objetivos e expectativas do mercado, no que concerne ao rumo das empresas e organizações dentro dos princípios de valorização das iniciativas de ESG. O programa apresenta objetivos mensuráveis e executáveis, recursos financeiros, humanos e materiais acessíveis e identificação das partes interessadas, tornando possível a identificação dos riscos associados, dos custos para execução e do acesso aos dados gerados para a avaliação de viabilidade.

Considerando o atual cenário de recuperação da demanda setorial, é possível inserir o programa na elaboração de planejamento estratégico que vise ao aumento da arrecadação, à melhoria da imagem, ao estímulo social, à contribuição ambiental e ao aumento da qualidade de vida da população.

#### 5.2.4 VIABILIDADE LEGAL

Para que as propostas apresentadas sejam sustentáveis a longo prazo, é importante o enquadramento nas leis e normas vigentes e para contextualizar a viabilidade legal, serão tratadas as bases legais a serem aplicadas nos fluxos do projeto. Desta forma objetiva-se entender as normas e legislações vigentes para exequibilidade.

a) Coleta de óleo residual de culinária.

Entende-se que o óleo residual da culinária que é descartado de forma inadequada causa uma sobrecarga para todo o sistema de tratamento de esgoto elevando o custo com o tratamento, e em regiões onde não existe tratamento adequado. Este resíduo é lançado diretamente nos rios e mares causando impactos diretos ao meio ambiente. Desta forma existe a necessidade de políticas públicas de coleta de óleo residual. Em 17 de setembro de 2021 no estado do Rio de Janeiro foi criada a Lei 9408/21 que dispõe sobre a criação do programa de reaproveitamento de óleo vegetal do estado do Rio de Janeiro conhecido como PROVE.

Programa estes que estabelece regras e regimento que permite a viabilidade do projeto no âmbito legal para a criação de pontos de coleta de óleo residual de cozinha bem como um trabalho de conscientização da população para o processo de reciclagem, abaixo os pontos pertinentes ao projeto.

Art. 2º São diretrizes do PROVE:

I – a preservação ambiental – coleta direta dos resíduos na sua fonte, doméstica, comercial e industrial, evitando o lançamento inadequado no sistema público e a contaminação hídrica;

II – a educação ambiental – conscientização da sociedade através de campanhas e ações demonstrando a importância do tratamento adequado para reciclagem dos resíduos, haja vista o seu grande potencial poluidor;

Art. 3º Para execução das diretrizes expressas no artigo anterior o PROVE poderá celebrar parcerias com entidades públicas e privadas.

Art. 5º O Poder Público poderá incentivar a adesão ao PROVE:

III – favorecendo a exploração econômica da reciclagem de óleos vegetais, desde a coleta, transporte, processamento e venda, visando a geração de emprego e renda.

Art. 6º PROVE poderá promover, dentre outras, as seguintes ações:

V – atuar na orientação e fiscalização dos parceiros quanto ao correto processo de reciclagem dos óleos vegetais, essencial para a manutenção da parceria com o Programa;

VI – incentivar, orientar e apoiar a instalação e administração de postos de coleta (RIO DE JANEIRO, Lei nº 9408 de 17 de setembro de 2021).

## b) Normas para produção e comercialização de biodiesel

Conforme a LEI Nº 9.478/1997 é de obrigação da ANP regular fiscalizar a produção e comercialização do petróleo e dos combustíveis renováveis.

Art. 8º A ANP terá como finalidade promover a regulação, a contratação e a fiscalização das atividades econômicas integrantes da indústria do petróleo e dos combustíveis renováveis, cabendo-lhe: [...]

XVI - regular e autorizar as atividades relacionadas com a produção, estocagem, distribuição e revenda de biodiesel, fiscalizandoas diretamente ou mediante convênios com outros órgãos da União, Estados, Distrito Federal ou Municípios (Lei n. 9.478/1997).

Segundo a Lei nº 11.116, de 18 de maio de 2005 e o Governo Federal, para ser um produtor de Biodiesel é necessário obter um registro especial de biodiesel, é vedado a comercialização de biodiesel sem esse registro especial, para este registro é necessário obedecer a alguns requisitos como ter sede administrativa no território nacional, ter uma autorização da ANP para o exercício da atividade, possuir um capital social integralizado na data do pedido no valor de R\$ 500.000,00 (quinhentos mil reais) entre outras exigências.

Art. 1º As atividades de importação ou produção de biodiesel deverão ser exercidas, exclusivamente, por pessoas jurídicas constituídas na forma de sociedade sob as leis brasileiras, com sede e administração no País, beneficiárias de autorização da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, em conformidade com o inciso XVI do art. 8º da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, e que mantenham Registro Especial na Secretaria da Receita Federal do Ministério da Fazenda.

§ 1º São vedadas a comercialização e a importação do biodiesel sem a concessão do Registro Especial.

§ 2º A Secretaria da Receita Federal expedirá normas complementares relativas ao Registro Especial e ao cumprimento das exigências a que estão sujeitas as pessoas jurídicas, podendo, ainda, estabelecer:

I - obrigatoriedade de instalação de medidor de vazão do volume de biodiesel produzido;

II - valor mínimo de capital integralizado; e

III - condições quanto à idoneidade fiscal e financeira das mesmas empresas e de seus sócios ou diretores. "(LEI Nº 11.116, DE 18 DE MAIO DE 2005)..

Contudo qualquer empresa instituída no Brasil e seguindo as regras do registro especial poderão exercer atividade econômica da indústria do biocombustível, permitindo a exploração da atividade econômica em regime de ampla concorrência, devendo seguir as regras da ANP onde modificações e ampliações de instalações devem ser autorizadas pela ANP.

#### CAPÍTULO IX-A - DAS ATIVIDADES ECONÔMICAS DA INDÚSTRIA DE BIOCOMBUSTÍVEIS

Art. 68-A . Qualquer empresa ou consórcio de empresas constituídas sob as leis brasileiras com sede e administração no País poderá obter autorização da ANP para exercer as atividades econômicas da indústria de biocombustíveis.

§ 1º As autorizações de que trata o caput destinam-se a permitir a exploração das atividades econômicas em regime de livre iniciativa e ampla competição, nos termos da legislação específica.

§ 2º A autorização de que trata o caput deverá considerar a comprovação, pelo interessado, quando couber, das condições previstas em lei específica, além das seguintes, conforme regulamento.

§ 8º São condicionadas à prévia aprovação da ANP a modificação ou a ampliação de instalação relativas ao exercício das atividades econômicas da indústria de biocombustíveis. (“LEI Nº 12.490, DE 16 DE SETEMBRO DE 2011).

Visando regular os produtores de biocombustível a ANP implementou a Resolução 734/2018 que além de regulamentar as leis já citadas, também especificam normas de capacidade de produção, análise de riscos, área de armazenagem, planos de inspeção e manutenção e procedimentos operacionais a serem seguidos, bem como fornece autorização para a construção da instalação produtora podendo ser vistoriada pela ANP a qualquer momento.

#### c) Compra de biodiesel pelas distribuidoras e certificado de qualidade.

De acordo com as normas da Resolução 45 de 25 de agosto de 2014 da ANP o processo de comercialização de biodiesel só pode ser realizado pelos produtores, distribuidores, refinarias, adquirentes, importadores e exportadores e devem seguir um rigoroso controle de qualidade em seu processo produtivo, gerando um certificado onde deve constar todos os testes realizados em laboratórios credenciados pelo Inmetro, desta forma os distribuidores e adquirente não devem aceitar o produto que não estiver de acordo com as especificações de qualidade e notificar imediatamente a ANP da inconformidade.

#### Seção III - Da comercialização

Art. 3º O biodiesel só poderá ser comercializado pelos Produtores, Distribuidores, Refinarias, Adquirentes, Importadores e Exportadores de biodiesel autorizados pela ANP. § 1º Somente os Distribuidores e as Refinarias autorizados pela ANP poderão realizar a mistura óleo diesel A/biodiesel para efetivar sua comercialização.

Art. 5º O Produtor e o Adquirente ficam obrigados a garantir a qualidade do biodiesel a ser comercializado em todo o território nacional e a emitir o Certificado da Qualidade de amostra representativa, cujos resultados deverão atender aos limites estabelecidos da especificação constante no



Regulamento Técnico ANP, parte integrante desta Resolução. (Redação dada pela Resolução ANP nº 681/2017)

§ 1º O produto somente poderá ser liberado para a comercialização após a sua certificação, com a emissão do respectivo Certificado da Qualidade, que deverá acompanhar o produto.

§ 2º Do Certificado da Qualidade, devem constar todos os ensaios obrigatórios previstos no Regulamento Técnico nº 03/2014 desta Resolução, os quais devem ser realizados por laboratórios que tenham tais ensaios contidos em seu escopo de acreditação conferida pelo Inmetro, segundo à NBR ISO IEC 17025. ("RESOLUÇÃO ANP Nº 45, DE 25 DE AGOSTO DE 2014, Redação dada pela Resolução ANP nº 744/2018)

De acordo com a Resolução 734/2018 da ANP, para conseguir uma autorização para a produção de Biodiesel o produtor deve requerer uma autorização no site da ANP compondo todas as documentações necessárias, em todas as etapas do projeto deve-se requerer uma autorização desde a planta, construção e pôr fim a operação, onde poderá ser vistoriada a qualquer momento pela ANP. O produtor do biodiesel só pode comercializar o biodiesel com os distribuidores de combustível autorizados pelo ANP, exportadores de biodiesel e mercado externo regulado também na ANP, refinarias autorizadas.

Art. 5º A etapa de construção de nova instalação ou de alteração da instalação produtora de biocombustíveis prescinde de autorização outorgada pela ANP.

§ 1º Antes de iniciar a construção ou a alteração da instalação produtora de biocombustíveis, a pessoa jurídica interessada deverá encaminhar comunicado à ANP, informando o local, a capacidade de produção por tipo de produto, o investimento e o cronograma das obras.

§ 2º A ANP poderá, a qualquer tempo, vistoriar a construção da instalação produtora de biocombustíveis.

Art. 6º Para fins de obtenção da autorização de operação a ser outorgada pela ANP, nos termos dos arts. 7º a 13, a construção ou a alteração da instalação produtora de biocombustíveis deverá observar, no mínimo, as normas e os regulamentos editados pelos seguintes órgãos: I - ANP; II - Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT); III - prefeitura municipal; IV - Corpo de Bombeiros competente; e V - órgão ambiental competente

Art. 7º A autorização de operação deverá ser requerida pela pessoa jurídica, por meio do modelo disponível na página da ANP na internet (<http://www.anp.gov.br>), nos seguintes casos: I - nova instalação produtora de biocombustíveis; II - alteração da capacidade de produção da instalação autorizada; III - ampliação da capacidade de produção de biocombustíveis por melhoria no processo; ou IV - transferência de titularidade da autorização de operação.

Art. 8º Após a conclusão da construção, deverá ser requerida pela pessoa jurídica a autorização de operação, individualizada por instalação produtora de biocombustíveis, acompanhada da seguinte documentação (RESOLUÇÃO Nº 734, DE 28 DE JUNHO DE 2018).

:

d) Obrigatoriedade uso biodiesel.

Levando em consideração que em 23 de março de 2016 na ocasião a então presidente da república Dilma Rousseff sancionou a lei 13.263 que altera a lei 13.033/2014 que dispõe sobre a adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado com o consumidor final, nesta nova redação a presidente em exercício define percentuais de mistura do biodiesel a óleo diesel fóssil em 3 faixas chegando a um percentual mínimo obrigatório de 10% de mistura o que se denomina B10, também deixando facultativo a utilização de misturas com percentuais superiores ao mínimo indicado.

Art. 1º A Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, passa a vigorar com as seguintes alterações:

“ Art. 1º São estabelecidos os seguintes percentuais de adição obrigatória, em volume, de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional:

I - 8% (oito por cento), em até doze meses após a data de promulgação desta Lei;

II - 9% (nove por cento), em até vinte e quatro meses após a data de promulgação desta Lei;

III - 10% (dez por cento), em até trinta e seis meses após a data de promulgação desta Lei.

“Art. 1º -C São facultados a adição voluntária de biodiesel ao óleo diesel em quantidade superior ao percentual obrigatório e o uso voluntário da mistura no transporte público, no transporte ferroviário, na navegação interior, em equipamentos e veículos destinados à extração mineral e à geração de energia elétrica, em tratores e nos demais aparelhos automotores destinados a puxar ou arrastar maquinaria agrícola ou a executar trabalhos agrícolas, observado o disposto no inciso XI do art. 2º da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997 (LEI Nº 13.263, DE 23 DE MARÇO DE 2016. Altera a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, para dispor sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional)

Cabe ressaltar que em 08 de janeiro de 2018 na ocasião o então prefeito da cidade do Rio de Janeiro Marcelo Crivella publicou um decreto 44.210 no diário oficial do município obrigando as empresas de ônibus da cidade a operarem com uma mistura de 20% de biodiesel com 80% de óleo diesel, tornando assim o conhecido B20, ação esta que estima uma redução de 14% a emissão de gases poluentes, além de impactar na redução no percentual de importação de diesel, estimulando a economia interna com criação de empregos.

O Decreto Rio nº 44210 de 8 de janeiro de 2018 Dispõe sobre o controle das emissões e material particulado, com a adição de 20% de Biodiesel (B20), ao Diesel fóssil na frota de ônibus do Serviço de Transporte Público da Cidade do Rio de Janeiro.

Art. 1º Ficam as empresas concessionárias do Sistema de Transporte Público por Ônibus obrigadas a utilizar 20% de Biodiesel (B20) em adição ao combustível fóssil (diesel) utilizado em sua frota, visando reduzir suas emissões em 70% de Dióxido de Carbono (CO2).

#### e) Conclusão da viabilidade legal.

Desta forma entende-se que o projeto se torna viável legalmente quando são atendidas as regulamentações, normas e leis, tendo como um fator predominante para incentivar os projetos de leis estaduais, como as que criaram o PROVE, na LEI ORDINÁRIA Nº 9408, que tem como finalidade o reaproveitamento de óleos vegetais do estado do Rio de Janeiro e também o Decreto 44.210/18 que determina a utilização de mistura B20 no sistema de transporte público da cidade do Rio de Janeiro que estimula a produção e consumo de biodiesel para atender o aumento a mistura.

### 5.2.5 VIABILIDADE FINANCEIRA

A análise de viabilidade do modelo de negócios se deu a partir da estimativa do faturamento mensal máximo permitido pela produção de biodiesel nas 10 usinas de biodiesel especificadas, além dos custos mensais totais divididos em custos fixos e custos variáveis. A implementação do negócio se deu pela possibilidade de financiamento via crédito de bancos de desenvolvimento voltados a projetos ligados ao tema da sustentabilidade, foco do nosso projeto apresentado aqui. Tendo sido possível acessar crédito financeiro para a realização do negócio e sendo possível calcular o valor mensal da prestação a ser pagas, dadas taxas de juros disponíveis, foi estimada a parcela mensal de investimento a ser contabilizada, para assim finalizar a análise de viabilidade financeira do negócio.

#### *5.2.5.1 Faturamento*

As estimativas de faturamento do programa de produção de biodiesel a partir da coleta de óleo residual apresentam os seguintes produtos/itens com capacidade de gerar arrecadação na Cidade do Rio de Janeiro com frota de aproximadamente 3.200 ônibus urbanos, para 10 usinas de biodiesel, de acordo com o volume sinalizado na tabela 8.

Tabela 8 – Produção de biodiesel e glicerina estimados para 10 usinas

Produção/Mês	Litros
Produção do Biodiesel	830.000
Produção de Glicerina	166.000

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

Considerando a comercialização de 830.000 litros de biodiesel a R\$ 6,78 (preço atual do litro de biodiesel, que é adquirido pelas distribuidoras no Estado do Rio de Janeiro), mais o valor de R\$ 0,20 de frete do produto, temos o resultado de R\$ 5.793.400,00 ao mês.

Considerando a comercialização de 166.000 litros de glicerina líquida a R\$ 1,00 (preço de mercado do litro de glicerina líquida no Estado do Rio de Janeiro), temos o resultado de R\$ 166.000,00 ao mês.

Sobre o crédito de carbono, deve-se considerar o valor da tonelada do CO<sub>2</sub> no mercado internacional, equivalente a R\$ 365,00 (de acordo com a 'Associação Credcarb'), o potencial de emissão de CO<sub>2</sub> na produção do biodiesel, equivalente a 60% (IPEA, 2011), a conversão de volume em 2,7 KgCO<sub>2</sub>/l (Cetesb, 2021) e o total de litros de biodiesel produzido, cujo resultado é de R\$ 490.779,00, conforme tabela 9.

Tabela 9– Receita com créditos de carbono estimada.

Crédito de Carbono	Referência
Valor da Tonelada do CO <sub>2</sub>	R\$ 365,00
Fator de correção de emissão evitada do biodiesel (CO <sub>2</sub> )	60%
Fator de Conversão (Litro de diesel x Kg)	2,7
Toneladas de CO <sub>2</sub> - Diesel Substituído / mês	1.345
Receita Potencial – créditos de carbono / mês	R\$ 490.779,00

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

Também ocorre a possibilidade de obter patrocínio ao programa por meio das parcerias com a iniciativa privada, representada pelas distribuidoras de combustível e empresas de saneamento. O total do potencial mensal de faturamento é de R\$6.650.179,00, conforme tabela 10

Tabela 10– Receitas totais estimadas

Categoria	Produto / Item	Valor Total Mensal	% Relativa
-----------	----------------	--------------------	------------

Faturamento	Biodiesel produzido	R\$5.793.400,00	87,12%
Faturamento	Glicerina Produzida	R\$166.000,00	2,50%
Faturamento	Créditos de Carbono	R\$490.779,00	7,38%
Patrocínio	Parceiros Institucionais (Distribuidoras / Saneamento)	R\$200.000,00	3,01%
TOTAL		R\$6.650.179,00	100%

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

### 5.2.5.2 Investimentos

a) Miniusina de biodiesel – custo unitário de R\$ 1.000.000,00 por usina. Custos para implantação das usinas (valores obtidos após pesquisa junto à ‘Coppe /UFRJ’, ‘Bchem’, ‘IEE/USP’, ‘Biominas’, ‘Dedine’ e demais artigos científicos publicados). Possibilidade de financiamento com taxa de juros de 12,35% ao ano, no modelo ‘Price’ e com parcela inicial de R\$ 109.518,77, considerando o financiamento de 10 usinas e o prazo de 240 meses para a quitação, via FINEM/BNDES. Ver tabela em anexo, representada aqui parcialmente pela Figura 45.

Figura 45– Financiamento das 10 usinas – valor mensal estimado.

Simulação set/2022				Valor por Usina: R\$ 1.000.000,00		Modelo	
Financiamento de Usina de Biodiesel - Formulário básico				Considerar 10 usinas		Sistema Price	
Financiamento	Prazo (meses)	Taxa Anual (C.E.T.)	Taxa Mensal	Seguro	Manutenção	Prestação	
R\$ 10.000.000,00	240	12,35%	0,9751%	R\$132,60	R\$25,00	R\$ 109.518,77	
Parcela	Saldo Inicial	Juros	Saldo Atualizado	Amortização	Prestação Parcial	Prestação Final	Saldo Devedor
1	R\$ 10.000.000,00	R\$ 97.513,05	R\$ 10.097.513,05	R\$ -	R\$ -	-	R\$ 10.097.513,05
2	R\$ 10.097.513,05	R\$ 98.463,93	R\$ 10.195.976,98	R\$ 109.203,57	R\$ 109.361,17	R\$ 109.518,77	R\$ 10.086.615,81
3	R\$ 10.086.615,81	R\$ 98.357,67	R\$ 10.184.973,47	R\$ 109.201,86	R\$ 109.359,46	R\$ 109.517,06	R\$ 10.075.614,01
4	R\$ 10.075.614,01	R\$ 98.250,38	R\$ 10.173.864,40	R\$ 109.200,15	R\$ 109.357,75	R\$ 109.515,35	R\$ 10.064.506,64
...	...	...	...	...	...	...	...
240	R\$ 106.985,18	R\$ 1.043,25	R\$ 108.028,43	R\$ 108.028,43	R\$ 108.186,03	R\$ 108.343,63	R\$ -

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

b) Infraestrutura de Pontos de Coleta: Além da implantação de 10 usinas, será necessária a criação de 210 pontos de coleta, definidos nos critérios de logística e apresentados na viabilidade operacional, cujo custo por unidade foi levantado em R\$ 5.000,00, com valor total de R\$ 1.050.000,00. Também pode ser financiado pelo mesmo modelo adotado para a aquisição e instalação das usinas, com o mesmo modelo de negócio (mesma taxa de juros e prazo para quitação) e com parcela inicial de R\$11.781,57, estando os valores na Figura 46.

Figura 46 – Financiamento dos 210 pontos de coleta – valor mensal estimado.

Simulação set/2022		Valor por Ponto de Coleta:		R\$ 5.000,00		Modelo	
Financiamento Pontos de Coleta						Sistema Price	
Financiamento	Prazo (meses)	Taxa Anual (C.E.T.)	Taxa Mensal	Seguro	Manutenção	Prestação	
R\$ 1.050.000,00	240	12,35%	0,9751%	R\$132,60	R\$25,00	R\$ 11.781,57	
Parcela	Saldo Inicial	Juros	Saldo Atualizado	Amortização	Prestação Parcial	Prestação Final	Saldo Devedor
1	R\$ 1.050.000,00	R\$ 10.238,87	R\$ 1.060.238,87	R\$ -	R\$ -	-	R\$ 1.060.238,87
2	R\$ 1.060.238,87	R\$ 10.338,71	R\$ 1.070.577,58	R\$ 11.466,37	R\$ 11.623,97	R\$ 11.781,57	R\$ 1.058.953,61
3	R\$ 1.058.953,61	R\$ 10.326,18	R\$ 1.069.279,79	R\$ 11.464,67	R\$ 11.622,27	R\$ 11.779,87	R\$ 1.057.657,52
4	R\$ 1.057.657,52	R\$ 10.313,54	R\$ 1.067.971,06	R\$ 11.462,96	R\$ 11.620,56	R\$ 11.778,16	R\$ 1.056.350,50
...	...	...	...	...	...	...	...
240	R\$ 10.191,85	R\$ 99,38	R\$ 10.291,23	R\$ 10.291,23	R\$ 10.448,83	R\$ 10.606,43	-

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

c) Desenvolvimento do APP: Sobre o desenvolvimento do APP, necessário para o cadastro dos usuários (pessoa física e jurídica) e realização da integração financeira para a transferência eletrônica dos créditos de passagem, foi mensurado o valor de R\$ 200.000,00, cujo valor também pode ser financiado pelo mesmo modelo adotado para a aquisição e instalação das usinas, com o mesmo modelo de negócio (mesma taxa de juros e prazo para quitação) e com parcela inicial de R\$ 2.499,27, conforme Figura 47.

Figura 47 – Financiamento dos 210 pontos de coleta – valor mensal estimado.

Simulação set/2022		Valor do APP:		R\$ 200.000,00		Modelo	
Financiamento APP						Sistema Price	
Financiamento	Prazo (meses)	Taxa Anual (C.E.T.)	Taxa Mensal	Seguro	Manutenção	Prestação	
R\$ 200.000,00	240	12,35%	0,9751%	R\$132,60	R\$25,00	R\$ 2.499,27	
Parcela	Saldo Inicial	Juros	Saldo Atualizado	Amortização	Prestação Parcial	Prestação Final	Saldo Devedor
1	R\$ 200.000,00	R\$ 1.950,26	R\$ 201.950,26	R\$ -	R\$ -	-	R\$ 201.950,26
2	R\$ 201.950,26	R\$ 1.969,28	R\$ 203.919,54	R\$ 2.184,07	R\$ 2.341,67	R\$ 2.499,27	R\$ 201.577,87
3	R\$ 201.577,87	R\$ 1.965,65	R\$ 203.543,52	R\$ 2.182,37	R\$ 2.339,97	R\$ 2.497,57	R\$ 201.203,55
4	R\$ 201.203,55	R\$ 1.962,00	R\$ 203.165,55	R\$ 2.180,66	R\$ 2.338,26	R\$ 2.495,86	R\$ 200.827,29
...	...	...	...	...	...	...	...
240	R\$ 999,19	R\$ 9,74	R\$ 1.008,93	R\$ 1.008,93	R\$ 1.166,53	R\$ 1.324,13	-

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

### 5.2.5.3 Custos Fixos

#### a) Mão de obra - Diretoria e Gestão

Para a mão de obra relacionada aos custos com os pagamentos da equipe gestora, devem-se considerar os valores de R\$ 36.000,00 para o cargo de diretoria, R\$ 4.500,00 para o cargo de secretaria e R\$ 144.000,00 para os cargos de gestores (neste caso, considerando o valor de R\$ 14.400,00 para cada um dos 10 gerentes de usinas). É de fundamental importância destacar que os valores já estão contemplados com todos os encargos sociais e trabalhistas previstos. (TABELA 11).

Tabela 11– Custos de mão de obra com salários de diretoria e gestão.

Gestão	Valores
Salário Diretoria	R\$ 36.000,00
Salário Secretaria	R\$ 4.500,00
Salário Gestores	R\$ 144.000,00
Total Salário de Diretoria e Gestores	R\$ 184.500,00

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

#### b) Mão de obra - Operadores da Usina

Para o pagamento da mão de obra relacionada aos custos (salário mais encargos) dos operadores das usinas, foi considerado o valor de R\$ 4.500,00 para o cargo de operador e R\$ 7.200,00 para o cargo de responsável técnico, totalizando R\$ 162.000,00 (considerando que serão dois operadores e um responsável técnico em cada uma das 10 usinas). (TABELA 12)

Tabela 12 – Custos de mão de obra com salários de operadores das 10 usinas.

Mão de Obra - Usina	Valores
Salário de 20 Operadores	R\$ 90.000,00
Salário de 10 Responsáveis Técnicos	R\$ 72.000,00
Total Salários Usina	R\$ 162.000,00

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

c) Mão de obra - Pontos de Coleta:

Para o pagamento da mão de obra relacionada aos custos (salário mais encargos) dos funcionários dos pontos de coleta, foi considerado o valor de R\$ 1.212,00 para o cargo de coletor, considerando a contratação de 210 coletores, mais 18 folguistas de férias e 21 folguistas de afastamentos e outros eventos, totalizando R\$ 466.832,10. É de fundamental importância destacar que o valor final já está contemplado com todos os encargos sociais e trabalhistas previstos. (TABELA 13)

Tabela 13– Custos de mão de obra com salários dos pontos de coleta.

Pontos de Coleta	Valor:
Salário de 249 Coletores	R\$ 466.832,10

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

d) Aluguel - Local para Instalação das Usinas

Para o aluguel dos espaços destinados para a instalação das usinas, foi considerado o valor de R\$ 10.000,00 por unidade, totalizando R\$ 100.000,00 ao mês, visto ser em garagens de empresas do próprio setor.

e) Manutenção Preventiva e Corretiva – Usinas

Para a manutenção preventiva e corretiva das usinas, foi considerado o valor de R\$ 5.000,00 por unidade, totalizando R\$ 50.000,00 ao mês (Murta, 2021). O que equivale a 0,5% do valor total dos equipamentos.

f) Análise do Biodiesel - Qualidade

Para a análise da qualidade do biodiesel produzido (exigência prevista na Resolução ANP nº 45), foi considerado o valor de R\$ 3.000,00 (Coppe/UFRJ) por laudo completo/capacidade do transportador (com armazenamento de 30m<sup>3</sup>), totalizando R\$ 90.000,00 ao mês, conforme cotação com laboratórios credenciados.

g) Software - Manutenção Mensal

Para a manutenção do software, necessário para a utilização do aplicativo de transação eletrônica para a transferência de créditos de passagem, foi considerado o valor de R\$ 5.000,00 ao mês, cujo provisionamento foi considerado razoável para os ajustes e manutenção de rotina.

5.2.5.4 Custos Variáveis



a) Custo com Energia Elétrica

Para o custo com energia elétrica das 10 usinas, foi considerado o valor de R\$ 0,90 por kWh, para uma média de 0,0316 kWh por litro de biodiesel produzido, totalizando R\$ 23.627,61 ao mês, conforme tabela 14.

Tabela 14– Custos com energia elétrica das 10 usinas.

Consumo Energia	Referência
Consumo Energia Elétrica kWh / Litro de Biodiesel	0,0316
Consumo de Energia / Mês	26.252,90
Valor do kWh	R\$ 0,90
Custo de Energia / Mês (10 usinas)	R\$ 23.627,61

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

b) Custo com Água de Processo

Para o custo com a água de processo das 10 usinas, foi considerado o valor de R\$ 3,17 por m<sup>3</sup>, para um consumo estimado de 149 m<sup>3</sup> por mês (definida a média de 0,18 litros de água por litro de biodiesel produzido), totalizando R\$ 473,60 ao mês, conforme tabela 15.

Tabela 15– Custos com água de processo das 10 usinas.

Consumo Água de Processo	Referência
Consumo Água Litro / Litro de Biodiesel	0,18
Consumo de Água m <sup>3</sup> / Mês	149,4
Valor do m <sup>3</sup> de água	R\$ 3,17
Custo de Água / Mês (10 usinas)	R\$ 473,60

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

c) Insumos - 10 Usinas

-Ácido: para o custo com o ácido, foi considerado o valor de R\$ 12,00 por litro, para um consumo estimado de 4.814 litros (ver viabilidade técnica) totalizando R\$ 473,60 ao mês.

-Metanol: para o custo com o metanol, foi considerado o valor de R\$ 2,50 por litro, para um consumo estimado de 99.600 litros por mês (ver viabilidade técnica), totalizando R\$ 249.000,00 ao mês.

-Catalisador: para o custo com o catalisador, foi considerado o valor de R\$ 20,00 por litro, para um consumo estimado de 3.320 litros por mês (ver viabilidade técnica), totalizando R\$ 66.400,00 ao mês, conforme tabela 16.

Tabela 16– Custos com insumos das 10 usinas.

Insumos	Valores
Ácido	R\$ 473,60
Metanol	R\$ 249.000,00
Catalisador	R\$ 66.400,00
Total Salário de Diretoria e Gestores	R\$ 315.873,60

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

#### d) Logística

Para o custo total com a logística, foi determinado o valor total de R\$ 170.000,00 ao mês, conforme apresentado na viabilidade operacional, para a operação das 10 usinas.

O total de custos e despesas mensais para a operação do projeto com as 10 usinas foi mensurado em R\$ 1.749.400,92, conforme tabela 17.

Tabela 17– Custos de mão de obra com salários de operadores das 10 usinas.

Categoria	Produto / Item	Valor Total Mensal	% Relativa
Investimento	10 Usinas	R\$ 109.518,77	6,26%
Custo Fixo	Aluguel - Área das Garagens	R\$ 100.000,00	5,72%
Custo Fixo	Manutenção Preventiva e Corretiva	R\$ 50.000,00	2,86%
Custo Fixo	Análise do Biodiesel - Qualidade	R\$ 90.000,00	5,14%

Custo Variável	Custo com Energia Elétrica	R\$ 23.627,61	1,35%
Custo Variável	Custo com Água de Processo	R\$ 473,60	0,03%
Custo Variável	Insumo - Ácido	R\$ 57.768,00	3,30%
Custo Variável	Insumo - Metanol	R\$ 249.000,00	14,23%
Custo Variável	Insumo - Catalisador	R\$ 66.400,00	3,80%
Custo Variável	Logística	R\$ 170.000,00	9,72%
Investimento	210 Pontos de Coleta	R\$ 11.781,57	0,67%
Custo Fixo	Software - Manutenção Mensal	R\$ 5.000,00	0,29%
Investimento	Desenvolvimento do APP	R\$ 2.499,27	0,14%
Custo Fixo	Salários de Diretoria e Gestores	R\$ 184.500,00	10,55%
Custo Fixo	Salários - Usina	R\$ 162.000,00	9,26%
Custo Fixo	Salários - Pontos de Coleta	R\$ 466.832,10	26,69%
TOTAL (10 USINAS)		R\$1.749.400,92	100%

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

#### e) Tributação

A incidência de impostos abrangerá: ICMS, IPI, PIS / Cofins e imposto de renda. Diversos estados não tributam ICMS sobre a matéria prima do óleo residual e há convênio no Confaz vigente para essa finalidade. Há também decisões em tribunais superiores dando esta isenção para recolhimento do ICMS na coleta resíduos. Essa é uma premissa importante e é também uma matéria com jurisprudência definida e sensibilidade política inquestionável. Trabalhou-se assim com a hipótese de incidência zero de ICMS sobre a matéria prima (óleo usado). IPI, PIS / Cofins já estão zerados para essa atividade. O imposto de renda, por hipótese, foi considerado como zero, visto que a natureza do negócio é a de não produzir lucro nenhum, com todo o resultado do negócio retornando para os doadores do óleo, procurando fechar a contabilidade sempre sem lucro líquido declarado, considerando que a empresa esteja constituída para recolhimento de imposto de renda na forma de lucro real.

A questão tributária é sensível e necessitará ser mais bem desenvolvida, mas as hipóteses acima foram consideradas razoáveis sendo necessária a avaliação de especialistas do direito tributário, do direito empresarial e das áreas de ciências

contábeis, para melhor precisar os impactos reais das questões legais e tributárias sobre o resultado do negócio.

O levantamento dos tipos de processo e definição dos indicadores relacionados às exigências, insumos, mão de obra, logística, divulgação, registro, tributação e possibilidades de financiamento, foram fundamentais para uma correta avaliação financeira da implantação do programa de produção de biodiesel a partir do óleo residual.

Portanto, após a análise econômica com o devido levantamento dos custos e dos riscos associados, foi possível validar a iniciativa de criar um programa sustentável, com grande estímulo social e incentivo ao desenvolvimento econômico.

Finalizada a estimativa de custo para a viabilidade econômica, ficou evidente a possibilidade de executar o programa, fornecendo ao doador do resíduo, créditos de passagens rodoviárias.

Considerando a coleta mensal de 943.181 litros de óleo residual usado para a produção de 830.000 litros de biodiesel, tendo o faturamento total mensal sido estimado em R\$6.650.179,00 e os custos totais mensais estimados em R\$1.749.400,92, apresentando resultado líquido mensal de R\$4.900.778,08, isso permitiria um repasse de R\$ 5,19 por litro de óleo residual, aos doadores, na forma de créditos de passagem.

### 5.3.3 PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO

Após desenvolvido o modelo de negócio, e analisar as viabilidades se faz necessário planejar a sua execução. O planejamento se dará através da definição das atividades a serem realizadas e o prazo para execução. Assim estima-se obter um melhor desempenho e assertividade no desenvolvimento prático, além de garantir que não se perca nenhuma atividade importante e nem o timing do projeto.

Figura 48 – Cronograma do Projeto

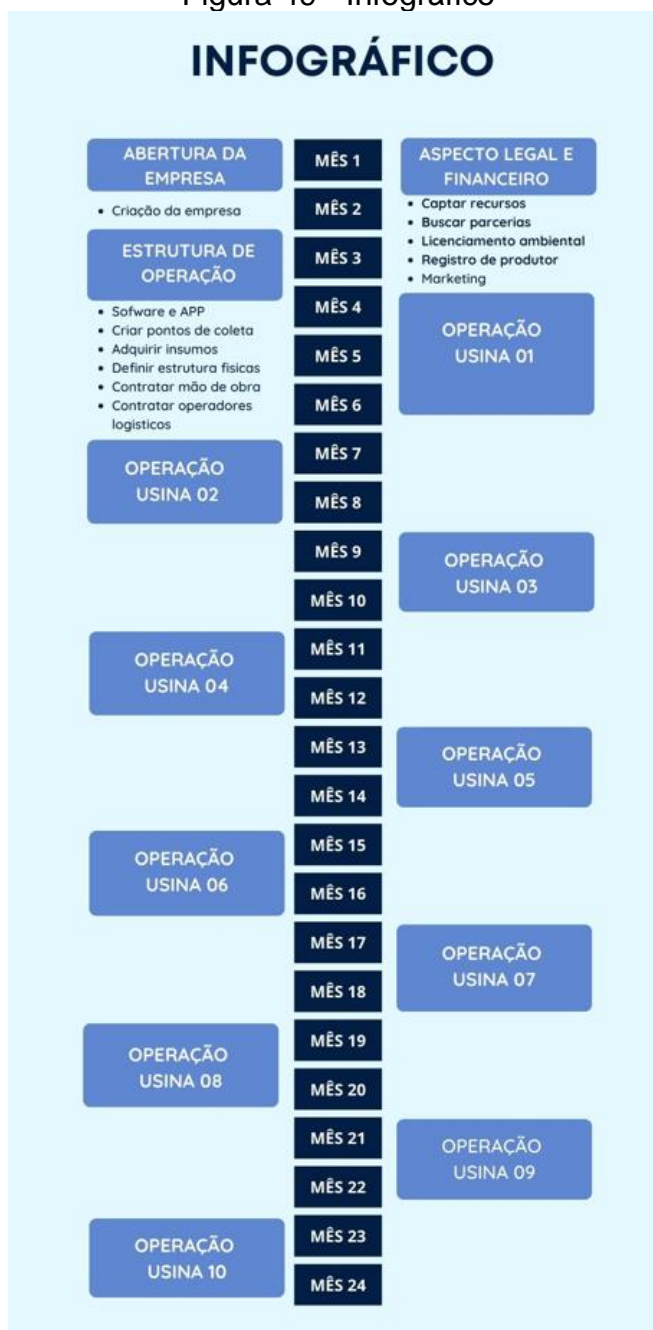
CRONOGRAMA PROJETO - DETALHADO																									
SUSTENTABILIDADE E O TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO: UM MODELO QUE PROMOVA UTILIZAÇÃO DE FONTES ENERGÉTICAS ALTERNATIVAS COM IMPACTO NO DESEMPENHO DAS EMPRESAS DO SEGMENTO																									
Fases / Atividades	Duração	Duração total: 24 Meses																							
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24
<b>ABERTURA DA EMPRESA</b>																									
Iniciar criação da empresa (CNPJ)	4 meses	■	■	■	■																				
<b>ASPECTOS LEGAIS E FINANCEIROS</b>																									
Captação recursos financeiros	5 meses	■	■	■	■	■																			
Buscar patrocinadores	3 meses	■	■	■																					
Providenciar licença ambiental	6 meses	■	■	■	■	■	■																		
Implantar estratégias de Marketing	4 meses			■	■	■	■																		
Registrar como produtor de biodiesel	2 mês			■	■																				
<b>ESTRUTURA DE OPERAÇÃO</b>																									
Desenvolver software de integração	1 mês		■	■	■	■	■																		
Criar aplicativo	1 mês		■	■	■	■	■																		
Definir estruturas locais	5 meses		■	■	■	■	■	■																	
Criar pontos de coleta	21 meses																								
Adquirir insumos	21 meses																								
Contratar mão de obra	10 meses																								
Contratar operadores logísticos	10 meses																								
<b>IMPLANTAÇÃO DAS USINAS</b>																									
Instalar usina 01	3 meses				■	■	■																		
Instalar usina 02	2 meses							■	■																
Instalar usina 03	2 meses									■	■														
Instalar usina 04	2 meses											■	■												
Instalar usina 05	2 meses													■	■										
Instalar usina 06	2 meses															■	■								
Instalar usina 07	2 meses																	■	■						
Instalar usina 08	2 meses																			■	■				
Instalar usina 09	2 meses																					■	■		
Instalar usina 10	2 meses																							■	■

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

Como sugestão de desenvolvimento, validação e homologação do produto, foi construído um Cronograma com duração de 24 meses. Os 6 primeiros meses serão para tratar da criação da empresa e dos aspectos legais e financeiros, englobando a captação de recursos e patrocinadores, desenvolver estratégias de Marketing para alavancar o negócio. Também será tratado os requisitos legais para início da atividade. Queremos ao final dos 6 meses já estarmos com a primeira do total de 10 usinas em funcionamento. Para isso, a definição de estruturas físicas, a aquisição de insumos, a contratação de mão de obra e operadores logísticos para realizar o processo de coleta se faz necessário. Um ponto bastante importante é a criação dos pontos de coletas, que ao final do projeto totalizarão 210 pontos. A partir do 7 mês, iremos instalar e iniciar a operar 1 usina a cada 3 meses, para que ao final dos 24

meses todas as 10 usinas estejam em operação para atingimento da meta de produzir 830.000 litros de biodiesel por mês.

Figura 49 - Infográfico



Fonte: Desenvolvido pelos autores (2022)

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O projeto trouxe uma análise ampla sobre a matriz energética atual do transporte coletivo de passageiros no Brasil e as principais alternativas tecnológicas existentes. Entre as opções disponíveis, optou-se pela priorização da produção de biodiesel a partir de óleos residuais, visto sua viabilidade em termos de disponibilidade de matéria-prima, bem como o potencial relacionado aos ganhos ambientais da sua utilização, em especial com a redução dos níveis de emissão de gases de efeito estufa e poluentes locais.

A disponibilidade de óleos residuais e o seu descarte irregular despertaram para a mensuração dos volumes envolvidos, bem como a possibilidade de geração de uma renda extra para os doadores, essa na forma de crédito de passagem, na criação de um novo negócio com foco estritamente social, entenda-se: todos os lucros revertidos para a geração de renda aos doadores do óleo residual.

A baixa remuneração atual pela entrega (doação) destes óleos residuais foi identificada como a principal razão do descarte irregular desses materiais, sendo o volume mensal estimado na ordem de 5,9 milhões de litros de óleos residuais, somente na cidade do Rio de Janeiro. São volumes impressionantes, uma parcela pode ser utilizada para a produção de biodiesel, visando à adição ao óleo diesel convencional, até a mistura de 20%, o B20, conforme proposto no projeto.

Verificou-se que os custos totais relacionados à produção deste biodiesel a partir de óleos residuais frente ao faturamento total calculado, ficaram na faixa de 26,30% do total. Na data da realização dos cálculos deste projeto, o biodiesel foi avaliado ao preço médio de R\$ 6,78, tendo sido demonstrado um “lucro” potencial na faixa de R\$ 5,19, por litro de biodiesel produzido, valor esse a ser repassado, e na íntegra, para os doadores do óleo residual, por litro doado.

A valoração de um litro de óleo residual em R\$ 5,19 demonstrou ser atrativa, superando significativamente o valor de uma tarifa modal de ônibus na região metropolitana do Rio de Janeiro, atualmente na faixa de R\$ 4,45, como se pretendia avaliar.

As viabilidades técnica, operacional, legal e estratégica do projeto foram avaliadas e não apresentam impedimentos ou restrições significativas, muito pelo contrário, sendo o projeto absolutamente exequível e inovador, visto que a

mobilização da sociedade, como um todo, na destinação dos óleos residuais, diante de uma justa e satisfatória valoração em termos de retorno econômico, gerará engajamento que poderá ser de efeitos amplos e escalonáveis.

Destaca-se então que a valoração do óleo residual dar-se-á mediante o pagamento aos doadores na forma de créditos de passagem, o que elevará os números totais de passageiros pagantes nos transportes coletivos, visto se tratar de “créditos novos”. O projeto se identificou, assim, com os interesses dos operadores de ônibus dada a sua potencialidade de, além de fortalecer as ações relacionadas ao tema do ESG, aumentar as demandas reais de transporte de passageiros pagantes nas linhas de ônibus da localidade onde o projeto for implantado.

Os pontos mais sensíveis para a implantação e sucesso do projeto são: necessidade de uma ampla rede de coleta e disponibilização de um aplicativo – APP para integrar toda a rede de doadores; disponibilização integral dos lucros auferidos no negócio para os doadores do óleo; visando à maior integração e engajamento da sociedade e interesse da parte de todos; transparência completa com relação à contabilidade e operação do negócio; variação dos preços do diesel e do biodiesel no mercado, fatores que podem alterar as margens de lucro do modelo e, assim, gerar maior ou menor atratividade aos doadores.

As questões tributárias foram devidamente pontuadas e são elas as que melhor precisarão ser avaliadas, no detalhe, tanto em termos de análise empresarial, quanto contábil. Foi identificado que há isenções de diversos tipos de impostos para a finalidade do projeto aqui apresentado, mas cada uma destas isenções precisará ser mais bem analisada. A estruturação do negócio, do ponto de vista do direito empresarial e enquadramento da personalidade jurídica, também precisará ser pensada por especialistas, para que a maximização do “lucro” seja realmente alcançada, visando ao maior repasse possível aos doadores, em créditos de passagem.

Observa-se, portanto, através de toda a pesquisa realizada no trabalho, ser o negócio viável e sua natureza social inovadora e oportuna para o fortalecimento do setor de transportes em todas as suas dimensões e relações com a sociedade.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABGD. 2020. **Energias renováveis**: o potencial das fontes para a geração distribuída. Associação brasileira de geração distribuída – ABGD, 2020.

ADRIAN, Rita, et al. **Intergovernmental painel on climate change- IPCC** . Climate Change: Impacts, adaptation and vulnerability, 2022

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO – ANP. **Ônibus brasileiro a Hidrogênio** - Uma Tecnologia Renovável para o Sistema de Transporte Público Urbano no Brasil. ANTP - Associação Nacional de Transportes Públicos. 2009

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO – ANP. **Proposta de Regulamentação do Diesel Verde**. SEI/ANP - 0653252 - Nota Técnica. ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, , 2020.

AGUILAR, R.S; OLIVEIRA, L.C.S; ARCANJO, G.L.F. **Energia renovável**: os ganhos e os impactos sociais , ambientais e econômicos nas indústrias brasileiras. In: XXXII Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Bento Gonçalves. Rio grande do sul: UFRGS, 2012.

ARIOLI, M. S; LINDAU, L. A; NODARI, C. T. 2010. **Mecanismo de desenvolvimento limpo: análise da viabilidade do uso de ônibus híbridos no transporte público urbano brasileiro**. Departamento de Engenharia de Produção e transportes da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006.

ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças Corporativas e Valor**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2014

ATUC MOVILIDAD SOSTENIBLE. **De operador de autobuses a empresa de movilidad**, 2020. Disponível em [https://www.atuc.es/sites/default/files/revista/pdf/revista\\_atuc\\_96.pdf](https://www.atuc.es/sites/default/files/revista/pdf/revista_atuc_96.pdf). Acesso em 29 jun. 2022

BEZERRA, F. D.; SANTOS, L. S. **Potencialidades da energia eólica no nordeste**. Caderno setorial do banco do nordeste. ANEEL Ano 2 nº 5, 2017.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências, 2012.

BRASIL. Balanço Energético Nacional. **Empresa de Pesquisa Energética**. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021>. Acesso em: 22 jun. 2022

BRASIL. Conselho Nacional de Política Energética – CNPE. **Resolução nº 16, de 29 de outubro de 2018**. Dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel

ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional, 2018.

BRASIL. Conselho Nacional De Política Energética – CNPE. **Resolução nº 6, de 17 de abril de 2019**. Aprova os parâmetros técnicos e econômicos dos Volumes Excedentes ao Contrato da Cessão Onerosa para realização da Rodada de Licitações sob o regime de Partilha de Produção. 2019.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Competitividade do Gás Natural: Estudo de Caso na Indústria de Metanol**. Informe Técnico, Ministério de Minas e Energia, 2019. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/EPE-DEA-IT-05-19%20-%20GN\\_Metanol%20\(002\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/EPE-DEA-IT-05-19%20-%20GN_Metanol%20(002).pdf). Acesso em 11 set. 2022

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. **Avaliação Técnico-Econômica de Ônibus Elétrico no Brasil**. 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/nova-versao-da-ferramenta-para-avaliacao-de-viabilidade-de-onibus-eletrico#:~:text=Nota%20T%C3%A9cnica%20de%20Avalia%C3%A7%C3%A3o%20T%C3%A9cnica,equivalentes%20el%C3%A9tricos%2C%20que%20utilizam%20bateria>. Acesso em: 04 maio. 2022

BRASIL. **Lei n. 13.576, de 26 de dezembro de 2017**. Dispõe sobre a política nacional de biocombustíveis (renovabio). diário oficial da união, Brasília, DF, 27 de dezembro. 2017. Disponível em: [www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br). Acesso em: 22 jun. 2022

BRASIL. Matriz Energética e Elétrica. **Empresa de Pesquisa Energética**. 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 26 jun.2022

BRASIL. Ministério de Minas e Energia -MME. **Balanco Energético Nacional – BEN**, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>. Acesso em 16 abr. 2022

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2050**. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>. Acesso em: 22 jun. 2022

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. 2020. Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/acoes-e-programas/programas/renovabio>. Acesso em: 04 jun. 2022

BRASIL. Ministério de Minas e Energia - MME 2020 - **Painel Brasil**: País de energia limpa. Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050). Brasil. Governo Federal

BRASIL. **Nota Técnica DPG-SDB Nº 01/2020**. Combustíveis renováveis para uso em motores do ciclo Diesel. Empresa de Pesquisa Energética do Ministério de Minas e Energia, EPE/MME, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites->

pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-467/NT\_Combustiveis\_renovaveis\_em\_%20motores\_ciclo\_Diesel.pdf. Acesso em: 04 maio. 2022

**BRASIL. Ônibus a Hidrogênio pode complementar Veículos a bateria em Transição para Transporte Limpo WRI.** 2021. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/cidades/onibus-hidrogenio-pode-complementar-veiculos-bateria-em-transicao-para-transporte-limpo>. Acesso em 22 maio, 2022

**BRASIL. Resolução ANP nº 45, de 25 de agosto de 2014.** A Diretora-Geral da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, no uso das atribuições legais, tendo em vista as disposições da Lei nº 9.478, de 06 de agosto de 1997, e suas alterações, e com base na Resolução de Diretoria nº 854, de 13 de agosto de 2014.

**BRASIL. Resolução Nº 681, de 5 de junho de 2017.** Atualiza os regulamentos da ANP em alinhamento a nova regra do controle da qualidade dos produtos importados. 2017.

**BRASIL. Resolução nº 734, de 28 de junho de 2018.** Regulamenta a autorização para o exercício da atividade de produção de biocombustíveis e a autorização de operação da instalação produtora de biocombustíveis. 2018.

**BRASIL. Resolução nº 744, de 30 de agosto de 2018.** Revoga a Resolução ANP nº 6, de 5 de fevereiro de 2014, que dispõe sobre o cadastramento de laboratórios de ensaio de biodiesel, altera a Resolução ANP nº 45, de 25 de agosto de 2014, que dispõe sobre a especificação do biodiesel, e dá outras providências. 2014.

**BRASIL.. Conselho Nacional Do Meio Ambiente – IBAMA. Resolução CONAMA nº 18, de 6 de maio de 1986,** Publicado no D.O.U de 17/6/86. 1986

CARDOSO, Bruno Monteiro. **Uso da Biomassa como Alternativa Energética.** Projeto de Graduação submetido ao corpo docente do curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista. Rio de Janeiro, 2012

CARVALHO, Bernardo Oliveira de. **Estudo sobre inventário de emissões de gases de efeito estufa de indústria de catalisadore.** Monografia apresentada a Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2020.

CASTELLANELLI, Carlo Alessandro. **Estudo da viabilidade de produção do biodiesel obtido através do óleo de fritura usado na cidade de Santa Maria - RS.** 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8059/CARLOALESSANDROCASTELLANELLI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 06 set. 2022

CETESB. **Quantificação e Relato de Emissões de Gases de Efeito Estufa.** Nota Técnica 01.1, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, São Paulo/SP, 2021.

CHIAPPINI, Gabriel. **HVO desponta como tendência para produção de diesel renovável**. 2020. Disponível em: <https://epbr.com.br/hvo-desponta-como-tendencia-para-producao-de-diesel-renovavel/>. Acesso em: 11 Abril. 2022

CONCEIÇÃO, Guilherme Wilson da. **A viabilidade técnica, econômica e ambiental da inserção do gás natural veicular em frotas do transporte coletivo urbano de passageiros**. Dissertação de Mestrado apresentada a Coordenação dos Programas de Pós – Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, CNT. **Eletromobilidade: Uma Solução para Alcançar a Neutralidade de Carbono**. Série Energia no Transporte, 2021

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA, CNPE. **Resolução CNPE nº 23, de 09 de novembro de 2017**. Estabelece a adição obrigatória de diesel, em volume, de dez por cento de biodiesel vendido ao consumidor final. Diário oficial da união, Brasília, DF, 30 dez. 2017. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/conselhos-e-comites/cnpe/cnpe-2017>.

CORTEZ, Luís Augusto. **Proálcool 40 Anos**, Editora Fapesp. 2015

COSTA, Ângela Oliveira da. **A Inserção do Biodiesel na Matriz Energética Nacional: Aspectos Socioeconômicos, Ambientais e Institucionais**. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.

COSTA, Nálbia Roberta Araújo da. A educação ambiental e a sustentabilidade como medida preventiva à violência gerada pelo consumo infantil exagerado. IN CUNHA, Belinda Pereira; AUGUSTIN, Sérgio. **Sustentabilidade ambiental: estudos jurídicos e sociais / org. Belinda Pereira da Cunha, Sérgio Augustin.- Dados Eletrônicos**Caxias do Sul, RS : Educs, 2017.

COSTA, Ricardo Cunha da; PRATES, Cláudia Pimentel T. **O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado**. BNDS Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior. 2005. <http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>

CUNHA, Juliana Pereira da, et al. **Gestão estratégica de pessoa: um estudo de atratividade para a realização de parcerias para a aplicação de cursos regulatórios do setor aéreo brasileiro**. Projeto Aplicativo apresentado ao Curso de Especialização em Gestão de Negócios, da Fundação Dom Cabral, a ser utilizado como diretrizes para manufatura do Trabalho de Conclusão de Curso. Salvador, 2018.

CUNZOLO, Marcos, et al. **Novos Negócios: Estudo de viabilidade para desenvolvimento de serviços terceirizados em manutenção para empresas do setor de transporte rodoviário**. Projeto apresentado à Fundação Dom Cabral como requisito parcial para a conclusão do Programa de Especialização em Gestão de Negócios. São Paulo, 2019.

D'AGOSTO, M. A., **Transporte: uso de energia e impactos ambientais**. Rio de Janeiro, Editora Elsevier, 2015.

DA CUNHA, Juliana Pereira, et al. **Gestão estratégica de pessoa**. Um estudo de atratividade para a realização de parcerias para a aplicação de cursos regulatórios do setor aéreo brasileiro, repositório ITL .2018 – disponível em:

ESTEVES, Michele Cristina; SANJULIÃO, Lo-Ruana Karen Amorim Freire. O gerenciamento de projeto na indústria 4.0. **Revista Administração de Empresas Unicritiba**, v.2, n. 24, p.: 216 - 232, 2021. Disponível em: <http://revista.unicritiba.edu.br/index.php/admrevista/article/view/4534>. Acesso em: 20 jun. 2022

FETRANSPOR. **Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro**. 2016: Dados disponíveis em: <https://www.fetranspor.com.br/mobilidade-urbana-setor-em-numeros/> Acesso em 16 abr. 2022

FETRANSPOR. **Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro**: Biodiesel B20 O Rio de Janeiro anda na frente, 2011.

FRANCO, Nelson Moreira. **Inventário e cenário de emissões de gases do efeito estufa da Cidade do Rio de Janeiro**: resumo técnico. Prefeitura da Cidade Do Rio De Janeiro. Secretaria Extraordinária de Desenvolvimento Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, 2011.

GALARZA, Sebastián. **Transport & Energy Sector Lead**, CMM Chile From pilots to scal e - Lessons from electric bus deployments in Santiago de Chile – 2020. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/db408b53-276c-47d6-8b05-52e53b1208e1/e-bus-case-study-Santiago-From-pilots-to-scale-Zebra-paper.pdf>

GALILEU, A. **Emissão de CO2 para gerar energia atingiu nível recorde em 2021**. Disponível em: <https://www.climadeensinar.com.br/post/emiss%C3%A3o-de-co2-para-gerar-energia-atingiu-n%C3%Advel-recorde-em-2021>. Acesso em 03 mar. 2022

GIANESELLA, Sônia M. F. **Produção de Biodiesel a partir de OGR's e de Óleos Provenientes de Biomassa Algal**: Contribuição à Gestão de Resíduos Sólidos e Adequação da Usina Flex de Biodiesel do IEEUSP para uma Produção Sustentável de Biodiesel. IEE/PC-USP, São Paulo/SP, 2013.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2019

GUIMARÃES, Leonam dos Santos. **A geopolítica da energia de baixo carbono**. Caderno Opinião, Editora FGV, 2016. Disponível em: [https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/19249/Coluna\\_Leonam\\_Geopolitica.pdf](https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/19249/Coluna_Leonam_Geopolitica.pdf). Acesso em: 19 maio. 2022

HOBSBAWM, E. J. **A era das revoluções: 1789-1848**, Edição Revista, 2012

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2012. Periódicos: Os biocombustíveis no Brasil. Página 08;

IEA (2002) **Bus System for the Future: Achieving Sustainable Transport Worldwide**. International Energy Agency. Paris, France;

IEA (2022), **Global Energy Review: CO2 Emissions in 2021**, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2021-2>

IPCC. **Fifth assessment synthesis report**. Climate change 2014, 01/11/2014 [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/syr\\_ar5\\_longerreport.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/syr_ar5_longerreport.pdf)

IPEA. **Emissões Relativas de Poluentes do Transporte Motorizado de Passageiros nos Grandes Centros Urbanos Brasileiros**. Responsável: Carlos Henrique Ribeiro de Carvalho, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Texto para Discussão 1606, Brasília/DF, 2011.

ITDP BRASIL, **De Santiago a Shenzhen como os ônibus elétricos estão movendo as cidades**, 2022 – Disponível em: [https://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2022/05/De-Santiago-a-Shenzhen-como-os-onibus-eletricos-estao-movendo-as-cidades\\_Completo.pdf](https://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2022/05/De-Santiago-a-Shenzhen-como-os-onibus-eletricos-estao-movendo-as-cidades_Completo.pdf)

KNOTHE, G. et al., 2006. Manual de Biodiesel, ed 1, Editora Bluncher, 2006.

KOTLER, Philip. **Administração de Marketing**. São Paulo: Pearson, 2000.146 p.

LAVEZZO, C. A. L. Fontes de energia. Artigo de publicação na revista eletrônica gestão em foco, UNIFIA, 2016.

LEITE, Ana Carolina Gomes Moreira. **A sustentabilidade empresarial, social e as fontes de energias**. Boletim de inovação e sustentabilidade. Núcleo de estudos futuro da PUC. 2013. Disponível em: <https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/posgraduacao/programas/administracao/bisus/bisus-2s-2103-v1.pdf> . Acesso em: 16 jun. 2022

LIMA, G. M. **Fontes alternativas de energia**. Editora e distribuidora educacional S. A, Londrina, 2017.

LORENZET, Leonardo. **Análise da viabilidade de investimento de uma empresa do ramo de distribuição de gás natural comprimido (GNC)**. Monografia apresentada como requisito para a obtenção do Grau de Bacharel em Ciências Contábeis da Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, 2013.

MACHADO, C.T; MIRANDA, F. S. **Energia solar fotovoltaica: uma breve revisão**. Revista Virtual de Química, v. 7, n.1, p.: 126-143, 2015. Disponível em: <https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/664/508>. Acesso em 23 fev, 2022

MARQUEZ, Gabriel. **Payback**: como calcular, o que é, para que serve e muito mais. – site [www.nfe.io](http://www.nfe.io) – 2021 disponível em: <https://nfe.io/blog/financeiro/como-calcular-payback/>

MELO, Rummenigge. **A indústria 4.0 e seus impactos**. Trabalho de conclusão de curso apresentado a Universidade Federal Rural Do Semi-Árido, Ufersa para o título de Bacharel Em Ciências E Tecnologia, 2020. Disponível em: [https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/4987/1/RummeniggeM\\_ART.pdf](https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/4987/1/RummeniggeM_ART.pdf). Acesso em 30 jun. 2022

MINAS GERAIS. Companhia Energética De Minas Gerais – CEMIG. **Condições ecológicas em bacias hidrográficas empreendimentos hidrelétricos**. Belo Horizonte CEMIG 2014. Disponível em: [https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/07/Indice\\_de\\_Integridade\\_Biotica.pdf](https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/07/Indice_de_Integridade_Biotica.pdf). Acesso em: 06 maio. 2022

MURTA, Aurélio L. S. **Análise da Viabilidade de Autoprodução de Biodiesel por Frotistas de Transporte Ferroviário**. O Caso da Estrada de Ferro Carajás, Editora e Livraria Appris Ltda, Curitiba/PR, 2021.

NASCIMENTO, R. S. Fontes alternativas e renováveis de energia no brasil: métodos e benefícios ambientais. **Revista Univap**, v, 22,n. 40, Edição Especial, 2016. Disponível em: <https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/713/640>. Acesso em 20 mar, 2022

NOELLI, Adriano Gomes et al. Avaliação econômica da produção de biodiesel: cálculo do custo unitário em processo por bateladas. In: **Congresso Brasileiro De Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras E Biodiesel**, 5., 2008, Lavras. Anais... Lavras: UFLA, 2008. Disponível em: <<http://migre.me/IB2Hi>>. Acesso em: 19 set. 2022

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2022

PEREIRA, Ana Paula Alves, et al. **Novos negócios e a sustentabilidade**: um modelo de urban farm que promova a produção, distribuição e o consumo de produtos orgânicos nos grandes centros urbanos do país. 2020 – disponível em: <https://ci.fdc.org.br/AcervoDigital/Projeto%20Empresarial/MBA/2018/NOVOS%20NEG%C3%93CIOS%20E%20A%20SUSTENTABILIDADE.pdf>

PINHEIRO, Berta Castelar. **A infraestrutura urbana de transportes e o aquecimento global**: um estudo sobre possíveis medidas de mitigação. Dissertação submetida ao corpo docente do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação E Pesquisa De Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio De Janeiro como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em ciências em Engenharia De Transportes. Rio de Janeiro, 2017.

PINTO, L. I. C.; MARTINS, F. R.; PEREIRA, B. P. O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais. **Rev. Ambiente**. Água, vol. 12 nº 6, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/5b77GB9j4yPTzkS4pjxyhvH/?lang=pt>. Acesso em: 19 abr. 2022

PORTO, Pedro Henrique Sampaio. **Estudo de viabilidade técnica e econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede**. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro Eletricista. Rio de Janeiro, 2019.

PROVE. **Programa de aproveitamento de óleos comestíveis do Estado do Rio de Janeiro**: estruturação e modelagem funcional, 2007

REG, Renewable Energy Group. **Renewable Fuels for Diesel Market**. Apresentação na 9th ISCC Global Sustainability Conference. 2019.

RIBEIRO, Dominique, et al. **O Futuro Sustentável**. COPPE - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, da UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: [https://www.coppe.ufrj.br/sites/default/files/rio20\\_port.pdf](https://www.coppe.ufrj.br/sites/default/files/rio20_port.pdf). Acesso em: 22 mar.2022

RIBEIRO, Suzana Kahn; SANTOS, Andrea Souza. **Mudanças Climáticas e Cidades**:Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/313679665\\_Mudancas\\_Climaticas\\_e\\_Cidades\\_Relatorio\\_Especial\\_do\\_Painel\\_Brasileiro\\_de\\_Mudancas\\_Climaticas](https://www.researchgate.net/publication/313679665_Mudancas_Climaticas_e_Cidades_Relatorio_Especial_do_Painel_Brasileiro_de_Mudancas_Climaticas). Acesso em: 16 jun. 2022

SANTOS, Fabiane Campos Dos. **Trocas gasosas de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O entre solo e atmosfera em diferentes tipos de cobertura nos Municípios de Belterra e Santarém, Pará**. Dissertação apresentada a Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais da Amazônia, junto ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Recursos Naturais da Amazônia, Santarém, 2012.

SCANIA. **Produtos e Serviços**. Artigos. Combustíveis Alternativos, 2019. Disponível em: <https://www.scania.com/pt/pt/home/products-and-services/articles/alternative-fuels.html>.

SEEG - **Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima**. Análise das emissões brasileiras de e suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970 – 2020 gases de efeito estufa, 2021.

SMAC/COPPE. **Estratégia de adaptação às mudanças climáticas da cidade do rio de janeiro**. Smac: Secretaria Municipal De Meio Ambiente da cidade do rio de janeiro, centro clima, COPPE/UFRJ, 2016.

SOUZA, Roberta. **Importação de diesel: principais distribuidoras de combustíveis do Brasil aumentaram grandemente suas licenças de importação, a fim de substituírem a Petrobras**. 2022. Disponível em: <https://clickpetroleoegas.com.br/importacao-de-diesel-principais-distribuidoras-de-combustiveis-do-brasil-aumentaram-grandemente-suas-licencas-de-importacao-a-fim-de-substituirem-a-petrobras/>. Acesso em: 16 jun. 2022



STEFANELLI, Eduardo J. **Comparação do ciclo diesel com otto no motor de quatro tempos**. 2018, Disponível em: <https://www.stefanelli.eng.br/comparacao-ciclo-diesel-otto-motor/>;

SUSTAINABLE BUS. Santiago de Chile, an open tender for 2,000 buses. A case study by ZEBRA. 2020. Disponível em: <https://www.sustainable-bus.com/news/santiago-de-chile-an-open-tender-for-2000-buses-a-case-study-by-zebra/>.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Energia Renovável**: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica. EPE: Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-172/Energia%20Renov%C3%A1vel%20-%20Online%2016maio2016.pdf>. Acesso em 15 maio. 2022

WORLD ECONOMIC FORUM - WEF, **The future of electricity new technologies transforming the grid edge**. In collaboration with bain & company.março de 2017.

ZMOGINSKI, F. **Shenzhen, na China, a 1ª cidade a ter 100% dos ônibus e táxis elétricos**: antes poluída como SP, em dez anos cidade limpou o ar ao implementar um programa de substituição radical de veículos a gasolina e diesel por uma frota toda elétrica, 2018. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/noticias/11368/shenzhen-na-china-a-1a-cidade-a-ter-100-dos-onibus-e-taxis-eletricos.html>. Acesso em: 04 ago. 2022