

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA

FÁBIO CHRISTINO FRANÇA

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE UMA USINA DE BIODIESEL SOB A
ÉGIDE DO PROGRAMA RENOVABIO: ESTUDO DE CASO FOCADO NA
SUBSTITUIÇÃO DE ÓLEO DE SOJA POR SEBO BOVINO

SÃO PAULO

2023

FÁBIO CHRISTINO FRANÇA

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE UMA USINA DE BIODIESEL SOB A
ÉGIDE DO PROGRAMA RENOVABIO: ESTUDO DE CASO FOCADO NA
SUBSTITUIÇÃO DE ÓLEO DE SOJA POR SEBO BOVINO

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Energia do Instituto de
Energia e Ambiente de São Paulo para a
obtenção do título de Mestre em Energia.

Orientador: Prof. Dr. Associado André
Felipe Simões

Versão Corrigida

SÃO PAULO

2023

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

França, Fábio Christino.

Avaliação econômica de uma usina de biodiesel sob a égide do programa RenovaBio: estudo de caso focado na substituição de óleo de soja por sebo bovino. / Fábio Christino França; orientador: André Felipe Simões. – São Paulo, 2023.

168 f.: il; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Energia – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo.

1. Biodiesel. 2. Óleo de soja. 3. Sebo bovino. I. Título.

Elaborado por Maria Penha da Silva Oliveira CRB-8/6961

Nome: FRANÇA, Fábio Christino

Título: Avaliação Econômica de uma Usina de Biodiesel Sob a Égide do Programa RenovaBio:
Estudo de Caso Focado na Substituição de Óleo de Soja por Sebo Bovino.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia do Instituto de Energia e Ambiente de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Energia.

Orientador: Prof. Dr. Associado André Felipe Simões

Aprovado em:

Banca examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Existem pessoas que marcam nossas vidas, e de certa maneira nos abrem a visão para novas possibilidades, que acreditam em nosso potencial. Falar delas seria a principal premissa para os agradecimentos que tenho a fazer.

Agradeço a Deus, que dentro de minha religiosidade foi sempre um amparo nos momentos de dificuldade.

Agradeço a minha família, mas em especial a minha amada mãe, que dividia comigo esse sonho desde a época da graduação.

Agradeço a minha amada esposa Josy, que abdicou de muito para me apoiar nesse projeto de vida, e se dedicou para que eu tivesse foco e determinação para essa conquista.

Agradeço a meu enteado e amigos, que tanto incentivaram para alcançar esse sonho.

Aos meus colegas do mestrado, que dedicaram horas e horas nos estudos que compartilhamos.

E agradeço em especial a meu orientador André Felipe Simões, que em um momento de grande incerteza em que vivemos na atualidade, me fez abrir a visão para algo mais profundo, para uma análise mais intensa de tudo que acontecia e como eu poderia ser um agente de transformação. Não só como um colaborador do setor privado, mas como um atuante no mercado que poderia também trazer certas experiências para o trabalho científico, porém, mais do que isso levar a imensidão do conhecimento acadêmico para onde atuo.

Esse momento é uma vitória pessoal muito grande, que no caminho de retorno do trabalho, passava pela USP e sonhava em cursar nessa renomada Instituição, e o momento chegou, que sirva de legado e exemplo para aqueles que estão ao meu lado, de que podem conquistar muito mais, além do que a vida nos coloca.

“Só uma revolução econômica e social permitiria às sociedades paleolíticas sair do impasse em que se encontravam: os homens deveriam associar-se à natureza e não mais serem seus parasitas (...) veio o dia em que os grãos destes cereais foram semeados nos solos que lhes convinham e dos quais se arrancavam as ervas daninhas para proteger a colheita: o passo decisivo tinha sido dado. O crescimento da produção iria permitir enfrentar o desenvolvimento da população. Esta etapa, a primeira da revolução neolítica, permite distinguir os bárbaros dos selvagens”.

Ge Childe, “De la préhistoire à l’histoire”, 1975.

RESUMO

FRANÇA, F. C. Avaliação Econômica de uma Usina de Biodiesel Sob a Égide do Programa RenovaBio: Estudo de Caso Focado na Substituição de Óleo de Soja por Sebo Bovino. 2023. Dissertação (Mestrado em Energia – Instituto de Energia e Ambiente), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

Entre as bases conceituais de qualquer instrumento de gestão ambiental está a da responsabilidade de cada poluidor pela degradação ambiental do planeta. Particularmente no caso do setor de transportes, observa-se que seu rápido crescimento ao redor do mundo, aspecto alicerçado na ampla oferta de petróleo e seus combustíveis líquidos derivados, resultou em considerável aumento das emissões de particulados e Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera. Neste contexto, o biodiesel, um combustível renovável e biodegradável, é tipicamente utilizado no abastecimento de veículos em substituição ao óleo Diesel. O biodiesel representa importante oferta energética alternativa para o segmento de combustíveis e, concomitantemente, seu emprego significa relevante estratégia de abatimento das emissões de GEE e, assim, contribui para a mitigação das mudanças climáticas e de seu mais proeminente fenômeno precursor, o aquecimento global. O Brasil apresenta uma ampla diversidade de matérias-primas para a produção de biodiesel. No intuito de fomentar a produção e o consumo de biocombustíveis, o governo federal instituiu o Programa RenovaBio. No âmbito do programa o óleo de soja e o sebo bovino respondem por notas de eficiência energética distintas. Sob a égide de tais considerações, o objetivo da presente Dissertação de Mestrado foi avaliar o quanto o uso de sebo bovino, ou resíduos, no âmbito da produção de biodiesel para o programa RenovaBio, pode se converter em geração de renda e, concomitantemente, em redução de emissões, quando comparado com a utilização de óleo de soja para a produção análoga. Para tanto, avaliou-se o preço da matéria-prima entre janeiro de 2017 e abril de 2023, a produção de CBIO's (Crédito de Descarbonização) – através do uso da Renovacalc – e a correlata mitigação da emissão de CO₂eq. A metodologia adotada foi um comparativo econômico entre as matérias-primas devido a receita de CBIO's, com a base dos dados representada por uma usina hipotética localizada no Estado de São Paulo. Concluiu-se que a produção de biodiesel com sebo bovino produziu 0,7 mais CBIO's que o óleo de soja, o que implicou numa maior receita, ou seja, de R\$ 64,58/ton ou 1,63%, podendo ser considerado, assim, como um “benefício” inerente ao consumo de resíduo para produção, tornando na arbitragem para aquisição de matéria-prima um redutor de custo. Mesmo com a redução do custo de aquisição da gordura animal pela receita de CBIO's, notou-se que houve um impacto positivo; porém, esta externalidade econômica positiva, de fato, não foi o suficiente para reduzir o *spread* nos momentos em que o resíduo foi mais caro que o óleo de soja no período. Analisando-se a redução de emissões de CO₂eq da produção, notou-se que o biodiesel produzido de óleo de soja reduziu em 55% as emissões, e o sebo bovino 94%, quando comparado ao combustível fóssil (óleo Diesel). Assim faz-se necessário cada vez mais estudos na área, que possam trazer luz ao desenvolvimento sustentável no país, com uma transição energética segura, que garanta o abastecimento, e promova o desenvolvimento social na agricultura.

Palavras-chave: Biodiesel. RenovaBio. Renovacalc. CBIO's. Sebo bovino. Óleo de soja. Arbitragem.

ABSTRACT

FRANÇA, F. C. Economic Evaluation of a Biodiesel Plant Under the Aegis of the RenovaBio Program: Case Study Focused on Substitution of Soybean Oil by Beef Tallow. 2023. Dissertation (Master in Energy – Institute of Energy and Environment), University of São Paulo, São Paulo, 2023.

Among the conceptual bases of any instrument of environmental management is the responsibility of each polluter for the environmental degradation of the planet. Particularly in the case of the transport sector, it is observed that its rapid growth around the world, an aspect based on the broad supply of oil and its derivative liquid fuels, resulted in a considerable increase in particulate and Greenhouse Gas (GHG) emissions to the atmosphere. In this context, biodiesel, a renewable and biodegradable fuel, is typically used in fueling vehicles to replace diesel oil. Biodiesel represents an important alternative energy supply for the fuel segment and, at the same time, its use means a relevant strategy to reduce GHG emissions and, thus, contributes to the mitigation of climate change and its most prominent precursor phenomenon, global warming. Brazil presents a wide diversity of raw materials for biodiesel production. In order to encourage the production and consumption of biofuels, the federal government instituted the RenovaBio Program. Within the scope of the program, soybean oil and beef tallow provide different energy efficiency scores. Under the aegis of such considerations, the objective of this Master's Dissertation was to evaluate how much the use of beef tallow, or waste, within the scope of biodiesel production for the RenovaBio program, can be converted into income generation and, concomitantly, into reduction of emissions, when compared to the use of soybean oil for similar production. To this end, the price of raw materials was evaluated between January 2017 and April 2023, the production of CBIOs (Decarbonization Credit) – through the use of Renovacalc – and the related mitigation of CO₂eq emissions. The methodology adopted was an economic comparison between raw materials due to CBIO's revenue, with the database represented by a hypothetical plant in the State of São Paulo. It was concluded that the production of biodiesel with beef tallow produced 0.7 more CBIO's than soybean oil, which resulted in a higher revenue, that is, R\$ 64.58/ton or 1.63%, which can be considered, thus, as a “benefit” inherent in the consumption of waste for production, making arbitrage for the acquisition of raw materials a cost reducer. Even with the reduction in the cost of acquiring animal fat by the CBIO's recipe, it was noted that there was a positive impact; however, this positive economic externality was not enough to reduce the spread at times when the residue was more expensive than soybean oil in the period. Analyzing the reduction of CO₂eq emissions from production, it was noted that biodiesel produced from soy oil reduced emissions by 55%, and bovine tallow by 94%, when compared to fossil fuel (diesel oil). Thus, more studies in the area are needed, which can shed light on sustainable development in the country, with a safe energy transition that guarantees supply and promotes social development in agriculture.

Keywords: Biodiesel. RenovaBio. Renovacalc. CBIO's. Tallow. Soybean oil. Arbitration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção global de etanol, biodiesel e HVO, por conteúdo energético, de 2011 a 2021.....	36
Figura 2 - Matérias primas usadas para produção de biodiesel na EU (a), EUA (b), world (c).	39
Figura 3 - Síntese do processo de produção de biodiesel.....	41
Figura 4 - Emissões, em CO ₂ eq, evitadas com biocombustíveis em 2020.....	41
Figura 5 - Evolução dos marcos legais e do consumo anual de biodiesel no Brasil (x 10 ³ m ³).	48
Figura 6 - Participação das renováveis na Oferta Interna de Energia (OIE).	50
Figura 7 - Divisão de “outras energias renováveis” na OIE.....	51
Figura 8 - Produção e entrega de biodiesel entre os anos de 2011 e 2021.	51
Figura 9 - Consumo de diesel e produção de biodiesel de 2012 a 2023 (previsão).	52
Figura 10 - Número de instalações produtoras ativas de biodiesel no Brasil e respectivas localizações.	53
Figura 11 - Participação regional na produção de biodiesel em 2021.....	54
Figura 12 - Produção versus consumo de biodiesel em 2019.....	54
Figura 13 - Fluxo logístico de distribuição de combustíveis.....	55
Figura 14 - Investimentos com ATER e fomento (doações) pelas empresas produtoras de biodiesel por safra (milhões R\$) entre 2010/2011 e 2019/2020.	60
Figura 15 - Evolução do número de famílias inseridas nos arranjos do Selo Biocombustível Social entre 2008 e 2020 e valor médio comercializado por família.....	62
Figura 16 - Famílias e cooperativas fornecedoras de matéria-prima inclusas nos arranjos do SBS.	62
Figura 17 - Aquisição da produção da agricultura familiar nos arranjos do Selo Biocombustível Social em 2020.	63
Figura 18 - Evolução do valor (milhões R\$) da produção adquirida total, valor da produção adquirida de produtores individuais, valor da produção adquirida de cooperativas nos arranjos do Selo Biocombustível Social, e produção de biodiesel (mil m ³).....	64
Figura 19 - Produção de biodiesel por matéria-prima em 2021 no Brasil.....	66
Figura 20 - Principais países produtores de soja em grãos, entre 2018 e 2022.	68
Figura 21 - Fluxograma dos principais itens do agronegócio da soja.	69
Figura 22 - Participação da produção da soja por estado em 2022	69
Figura 23 - Balanço do uso de óleo de soja no Brasil	70

Figura 24 - Oferta e demanda de óleo de soja no Brasil entre 2012 e 2023.....	71
Figura 25 - Representação do sistema de produção de biodiesel de óleo de soja pela rota metflica.....	72
Figura 26 - Representação do sistema de produto de biodiesel de gordura animal pela rota metflica.....	75
Figura 27 - Mercado consumidor de gorduras de origem animal em 2020.....	76
Figura 28 - Nota de Eficiência Energético-Ambiental (NEEA) das unidades certificadas até 2021.....	84
Figura 29 - Número de CBIO's em posse de produtores de biocombustíveis, distribuidores e investidores que ainda não foram aposentados em 2023.....	86
Figura 30 - Opções metodológicas e premissas adotadas pela Renovacalc.	88
Figura 31 - Esquema de funcionamento da Renovacalc.....	89
Figura 32 - Resultado da Renovacalc de usina produtora de biodiesel com óleo de soja como matéria-prima, intensidade de carbono, nota de eficiência energética ambiental (NEEA) e redução de emissões.....	99
Figura 33 - Resultado da Renovacalc de usina produtora de biodiesel com sebo bovino como matéria-prima, intensidade de carbono, nota de eficiência energética-ambiental (NEEA) e redução de emissões.....	99
Figura 34 - Preço médio dos CBIO's comercializados, notificados à B3.	102
Figura 35 - Histórico de preços: CBOT, prêmio e preço no Porto de Paranaguá (PR) em USD/ton; e preço colocado em São Paulo/SP em R\$/ton.....	105
Figura 36 - Histórico de preços de óleo de soja degomado base CIF São Paulo em R\$/ton, preços com impostos (12% de ICMS) e sem impostos.....	106
Figura 37 - Preços de sebo bovino em São Paulo/SP com impostos, conforme fontes de mercado, entre 2017 e 2023.	107
Figura 38 - Gráfico de preços de óleo de soja e sebo bovino entre janeiro de 2017 e abril de 2023, e sua correlação (r).....	109
Figura 39 - Gráfico de preços de óleo de soja e sebo bovino entre janeiro de 2017 e abril de 2023 após a contabilização da receita de CBIO's.....	112
Figura 40 - Mandato de biodiesel brasileiro entre 2010 e 2023 e a projeção até 2028	113
Figura 41 - Metas compulsórias anuais e suas alterações legislativas no período de vigência do Programa RenovaBio.	114
Figura 42 - Panorama Agricultura Familiar e a Agenda 2030.	120
Figura 43 - Projeção de demanda de biodiesel.	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Marcos históricos do setor de biodiesel no Brasil.....	49
Tabela 2 - Comparação dos dados de produção de biodiesel e importação de diesel nos anos de 2009 a 2018 para o cenário real e hipotético, sem o uso de biodiesel.	56
Tabela 3 - Especificações nacionais para o biodiesel no Brasil, conforme Resolução n° 45 da ANP de 25/08/2014.....	58
Tabela 4 - Vantagens e desvantagens das principais matérias-primas brasileiras da produção de biodiesel.	65
Tabela 5 - Especificações contratuais da ANEC 81, para óleo de soja degomado.	72
Tabela 6 - Ponto de entupimento a frio (CFPP) conforme Resolução de biodiesel da ANP n° 920, de 04 de abril de 2023.....	77
Tabela 7 - Padrão de qualidade do sebo bovino, no Estado de São Paulo, para o mercado de biodiesel.	78
Tabela 8 - Metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis, conforme Resolução CNPE n° 8, de 18 de agosto de 2020, Resolução CNPE n° 17, de 5 de outubro de 2021, e Resolução n° 13, de 8 de dezembro de 2022.	86
Tabela 9 - Parâmetros de preenchimento da Renovacalc.....	92
Tabela 10 - Parâmetros de produção de biodiesel em m ³ e toneladas para cálculo de aquisições de matéria-prima para produção de biodiesel a serem inseridas na Renovacalc.	94
Tabela 11 - Parâmetros de consumo de matéria-prima, insumos e subprodutos (entradas e saídas) para produção de biodiesel da usina hipotética, para cálculo das emissões da Renovacalc.....	95
Tabela 12 - Processo produtivo das fases agrícola, extração e produção de biodiesel usados na Renovacalc, para usina produtora com uso de óleo de soja como matéria prima....	97
Tabela 13 - Processo produtivo da fase de produção de biodiesel usados na Renovacalc, para usina produtora com uso de sebo bovino como matéria prima.....	98
Tabela 14 - Parâmetros de resultado da Renovacalc das matérias-primas estudadas.	100
Tabela 15 - Cálculo de emissão de CBIO's nas usinas produtoras de biodiesel de óleo de soja e sebo bovino.	101
Tabela 16 - Receita de CBIO's da produção anual de biodiesel de sebo bovino e óleo de soja.	102
Tabela 17 - Preço médio de óleo de soja do período de janeiro de 2017 a abril de 2023 conforme fontes de índices de preços.	106
Tabela 18 - Preço médio de sebo bovino do período de janeiro de 2017 a abril de 2023 conforme fontes de índices de preços utilizados.....	108
Tabela 19 - <i>Spread</i> em R\$/ton expressos entre as médias de preços dos produtos analisados, no período de janeiro de 2017 a abril de 2023 conforme fontes de índices de preços usados, descontados os impostos e efeito da qualidade do produto.	110

Tabela 20 - Escolha da matéria-prima conforme equação 3	111
Tabela 21 - Análise SWOT do Programa RenovaBio.....	115

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Mandatos de misturas de biocombustíveis de diversos países (África, América Central, América do Norte, América do Sul e Ásia) – REN21.	140
Anexo 2 - Mandatos de misturas de biocombustíveis de diversos países (Europa e Oceania) – REN21.....	141
Anexo 3 - Usinas produtoras de biodiesel em 2023, capacidade diária, mensal e anual média.	142
Anexo 4 - Número total de instalações produtoras de biodiesel no Brasil.....	143
Anexo 5 - Parâmetros solicitados na Renovacalc para a rota de biodiesel, fase agrícola.	144
Anexo 6 - Parâmetros solicitados na Renovacalc para a rota de biodiesel, fases industriais de extração e de transesterificação.....	145
Anexo 7 - Perfil padrão de produção das culturas energéticas – Valores típicos e valores penalizados para a produção de soja.	146
Anexo 8 - Recortes do preenchimento da Renovacalc para produção de biodiesel com uso de óleo de soja degomado como matéria-prima (fase agrícola e fase industrial de extração de óleo).	147
Anexo 9 - Recortes do preenchimento da Renovacalc para produção de biodiesel com uso de óleo de soja degomado como matéria-prima (fase de produção de biodiesel e fase de distribuição do biocombustível).....	148
Anexo 10 - Recortes do preenchimento da Renovacalc para produção de biodiesel com uso de sebo bovino como matéria-prima (fase de produção de biodiesel e fase de distribuição do biocombustível).....	149
Anexo 11 - Matriz SWOT	150

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABRA	Associação Brasileira de Reciclagem Animal
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AEA	Agência Europeia do Ambiente
ANEC	Associação Nacional dos Exportadores de Cereais
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ASTM	<i>American Society for Test and Materials</i>
ATER	Assistência Técnica e Extensão Rural
B3	Bolsa de Comercialização de Mercadorias
BACEN	Banco Central do Brasil
BEN	Balanco Energético Nacional
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CBIE	Centro Brasileiro de Infraestrutura
CBIO	Crédito de Descarbonização
CBOT	<i>Chicago Board of Trade</i>
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CFPP	<i>Cold Filter Plugging Point</i>
CH ₃ OH	Metanol
CH ₄	Metano
CIF	<i>Cost, Insurance and Freight</i>
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CO ₂	Dióxido de carbono
COFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
COP21	Conferências das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (21°)
CP	<i>Cloud Point</i>
DAP	Declaração de Aptidão ao Pronaf
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
Eq	Equivalente
ESALQ	Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

EUA	Estados Unidos da América
FAME	<i>Fatty acid methyl ester</i>
FOB	<i>Free on Board</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa
GTI	Grupo de Trabalho Interministerial
HC	Hidrocarbonetos
HVO	<i>Hydrotreated vegetable oil</i>
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadoria e Serviços
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IN	Instrução Normativa
INT	Instituto Nacional de Tecnologia
IPCC	<i>Intergovernmental Panel On Climate Change</i>
kg	kilogramas
KOH	Hidróxido de potássio
LCFS	<i>Cap-and-trade Program</i>
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário
MDL	Mecanismos de Desenvolvimento Limpo
MJ	Megajoule
Mm ³	Milhões de Metros Cúbicos
MME	Ministério de Minas e Energia
Mt	Milhões de toneladas
NDCs	<i>Nationally Determined Contributions</i>
N ₂ O	Óxido nitroso
NaOH	Hidróxido de sódio
NEEA	Nota de Eficiência Energética e Ambiental
NO _x	<i>Nitrogen oxides</i> ou Óxidos de nitrogênio
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OIE	Oferta Interna de Energia

OVEG	Óleos Vegetais
PASEP	Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público
PIS	Programa de Integração Social
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
RFS	<i>Renewable Fuel Standard</i>
RINs	<i>Renewable Identification Numbers</i>
SAF	<i>Sustainable Aviation Fuel</i>
SAF/MAPA	Secretaria da Agricultura Familiar/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
SBS	Selo Biocombustível Social
SCS	Selo Combustível Social
SFA	<i>Saturated Fatty Acid</i>
SICAF	Sistema de Cadastramento Unificado de Fornecedores
SO ₂	Óxido de Enxofre
SWOT	<i>Strengths</i> (Forças), <i>Weaknesses</i> (Fraquezas), <i>Opportunities</i> (Oportunidades) e <i>Threats</i> (Ameaças)
Tep	Toneladas equivalente de petróleo
UCO	<i>Used cooking oil</i>
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. OBJETIVOS.....	28
3. METODOLOGIA	29
4. REVISÃO LITERATURA	35
4.1. Programas de biodiesel: histórico e algumas experiências internacionais (Europa, Américas e Ásia).....	35
4.2. Processo produtivo do biodiesel	40
4.3. Estrutura do setor de biodiesel no Brasil	42
4.3.1. Histórico do biodiesel no Brasil	42
4.3.2. Produção do biodiesel no Brasil e participação na matriz energética.....	49
4.4. Biodiesel brasileiro (PNPB) como programa de inclusão social - Selo Biocombustível Social (SBS).....	58
4.5. Matérias-primas para a produção de biodiesel no Brasil	64
4.6. Programa RenovaBio	79
4.6.1. Renovacalc.....	87
4.6.1.1. Fase agrícola de produção	90
4.6.1.2. Fase industrial de produção.....	91
4.6.1.3. Parâmetros de preenchimento da Renovacalc	91
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	94
5.1. Produção de biodiesel e preenchimento da Renovacalc (v.8)	94
5.2. Contabilização da produção de CBIO's.....	99
5.3. Análise econômica comparativa do sebo bovino em relação ao óleo de soja para produção de biodiesel, inerente ao Programa RenovaBio	102
5.4. Discussão sobre o Programa RenovaBio, PNPB e projeções futuras para o biodiesel no Brasil.....	112
6. CONCLUSÃO	122
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
ANEXOS	140

1. INTRODUÇÃO

No atendimento à crescente demanda de consumo pela população mundial, o uso racional de recursos naturais emerge como necessidade diante da intrínseca impossibilidade de se realizar crescimento ilimitado num espaço físico (planeta Terra) inexoravelmente limitado. Diante deste contexto, torna-se necessário analisar e desenvolver estratégias e práticas que fomentem o uso sustentável dos recursos naturais disponíveis em face à necessidade, ética inclusive, de que as futuras gerações possam desfrutar de tais recursos.

Sob a égide de tais considerações preliminares, cabe citar o conceito mais conhecido e mais difundido para o desenvolvimento sustentável: “É o desenvolvimento capaz de satisfazer as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” (BRUNDTLAND, 1987). E, diante do agravamento de problemas ambientais de magnitude global (como as mudanças climáticas amplamente discutidas), poder-se-ia considerar que, contemporaneamente, este conceito, em alguma medida, se encontra defasado; afinal, agora a questão passou a ser, também, de caráter intrageracional, além de intergeracional.

Por isso vários esforços têm sido realizados como maneira de tentar equilibrar o desenvolvimento econômico com o uso correto e sustentável dos recursos naturais. O avanço industrial e tecnológico atualmente e ao longo das últimas décadas promoveram um acintoso aumento na emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE). Tais gases tem origem natural e, também e principalmente, devido às atividades antropogênicas, tais como: queima de combustíveis fósseis, como carvão, petróleo e seus derivados (particularmente aqueles mais utilizados como suprimento energético ao setor de transporte: gasolina, óleo diesel, óleo combustível e o querosene de aviação) e o gás natural.

Esses combustíveis são ainda essenciais para a atividade econômica mundial, em especial no que tange à geração de energia elétrica em usinas termoelétricas, à demanda energética para as industriais, meios de transportes em geral e atividades agropecuárias.

A queima de combustíveis fósseis, portanto, gera à atmosfera emissão de GEE, sendo os principais o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O), dentre outros. Além da queima de combustíveis fósseis, temos outros emissores de GEE, como o desmatamento, as atividades ligadas à agricultura (em especial as monoculturas sob amplo emprego de fertilizantes nitrogenados), os processos industriais e a disposição final dos resíduos. Os GEE's como mencionado são gases emitidos de forma natural e pela ação

antropogênica. Esses gases absorvem e emitem radiação infravermelha em comprimentos de onda específicos no espectro da radiação emitido pela superfície terrestre, após reflexão da luz solar, à atmosfera e às nuvens. O processo citado intensifica o Efeito Estufa, um processo natural que mantém o calor abaixo da camada atmosférica (IPCC, 2014). Não fosse o Efeito Estufa em seu processo natural, a temperatura média da superfície terrestre seria próxima a -15 °C; mas, graças a esse processo, tal temperatura é próxima de 15 °C, o que, em boa medida, explica a exuberância de vida no planeta (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2022).

Com o aquecimento do sistema climático global, em breve, espera-se um cenário de clima mais extremo com secas, inundações e ondas de calor mais frequentes. A elevação na temperatura aumenta a capacidade do ar em reter vapor d'água e, conseqüentemente, há maior demanda hídrica, impactando diretamente também o zoneamento agroclimático de diversas culturas globalmente (ASSAD et al., 2004).

Segundo Seneviratne et al. (2016), descontando-se o cenário de pandemia de COVID-19, as crescentes emissões de GEE's tendem a causar aumento de 2 °C antes de 2050, o que significa, com alta probabilidade¹, que no Centro-Oeste do Brasil ou no Sul dos Estados Unidos e na maioria dos países do Mediterrâneo, a produção agrícola há de ser severamente impactada, implicando no agravamento da fome em muitas das regiões do planeta. Na verdade, a compreensão majoritária da comunidade científica aponta que, caso a temperatura ultrapasse 3 °C, o mais provável é a ocorrência de amplos impactos irreversíveis aos sistemas bióticos da Terra, ou seja, à vida humana e aos demais seres vivos.

Mostrando a preocupação com a sustentabilidade e a questão ambiental, o Acordo de Paris foi assinado durante a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas, em 2015, onde o texto falava em manter a temperatura do planeta perseguindo esforços para limitar o aumento da temperatura em 1,5°C. Os principais pontos do acordo foi para que os países trabalhassem para limitar o aquecimento do planeta; os países ricos deveriam garantir financiamento de US\$ 100 bilhões por ano; não haveria menção à porcentagem de corte de emissão de gases de efeito estufa necessária e o texto não determina quanto de emissões precisaria subir e seria um acordo revisto a cada 5 anos (MODELLI, 2021).

Segundo Goulart (2011), entre as bases conceituais de qualquer instrumento de gestão ambiental está a da responsabilidade de cada poluidor pela degradação ambiental do planeta.

¹ Alta probabilidade decorrente da considerável robustez associada à atual modelagem climática, em relação à modelagem climática que havia há 10-15 anos, a qual já ensinava a manipulação computacional de cerca de 500.000 variáveis reproduzindo a dinâmica da Terra.

Para incentivar os países a reduzirem e mitigarem a quantidade de emissão de GEE, foram criados mecanismos como os créditos de carbono, onde cada crédito é equivalente a uma tonelada de dióxido de carbono evitado. Créditos de carbono são certificados emitidos para uma empresa (ou também pessoa física) que reduziu a sua emissão de gases do efeito estufa. Na prática, comprar créditos de carbono significa negociar uma permissão para emitir gases de efeito estufa ao invés de ter de pagar uma multa por fazer a emissão dos gases sem autorização.

Uma das principais alternativas encontradas como formulação de políticas para a busca do equilíbrio sustentável são os sistemas de comércio de emissões, que vieram com o propósito de corrigir falhas de mercado geradas por externalidades. Toda poluição emitida gera uma externalidade negativa à sociedade e com isso a sociedade incorre em um custo pela poluição gerada pelo agente poluidor. Sendo uma empresa, através por exemplo de uma escolha tecnológica, ela pode reduzir seus níveis de emissão, porém representa isto um custo marginal adicional ao seu processo produtivo (GOULART, 2011).

Para o economista Nordhaus, a única forma de o avanço tecnológico solucionar os problemas decorrentes do aquecimento global é se a precificação da externalidade ambiental refletir o verdadeiro custo social, de modo que o custo do carbono seja equivalente ao da externalidade climática (NORDHAUS & NAKICENOVIC, 2011).

No caso do setor de transportes, seu rápido crescimento ao redor do mundo, ancorado na ampla oferta de petróleo e seus derivados, resultou no aumento das emissões de particulados e gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. Do início do século XX, quando se iniciou a produção em larga escala de automóveis, até meados da segunda metade deste mesmo século, as questões relacionadas aos danos ambientais eram ignoradas, de modo que os recursos disponíveis na natureza, renováveis ou não, fossem explorados sem a preocupação acerca da sustentabilidade do sistema (GOLDEMBERG & GUARDABASSI, 2015).

Durante a década de 1970 com a contínua expansão no uso de hidrocarbonetos aliado aos dois choques de oferta na época, trouxeram à tona a preocupação sobre potencial escassez de petróleo e os problemas ambientais correlatos ao crescimento exponencial da atividade humana, assim como da demanda energética (HOBSBAWM, 1995). No entanto, nos anos que seguiram sendo que pouco se avançou no propósito de substituir fontes primárias de origem fóssil no setor de transportes por fontes renováveis dessa energia (FAZZI, 2018).

Segundo Fracalanza et al. (2022) de fato, a transição energética tem sido considerada pela comunidade científica, de forma majoritária, como a mais relevante estratégia de mitigação das mudanças climáticas. A citada transição (a qual consiste na migração de uma matriz

energética tipicamente composta pelos combustíveis fósseis para centralmente composta pelas energias renováveis) deve ocorrer com base na implementação de diversas ações, como: políticas públicas, desenvolvimento científico e tecnológico, subsídios às energias renováveis, efetivo envolvimento do setor privado, educação ambiental, mudanças comportamentais, dentre outras.

Segundo a Embrapa (2014) as emissões possuem estreita relação com o conteúdo energético e eficiência energética de um combustível e com a sua origem. Por exemplo, ao longo do ciclo de vida, os biocombustíveis possuem taxas de emissões muito inferiores aos combustíveis fósseis.

Segundo Topare et al. (2022), devido as preocupações com as questões ambientais, dentre elas a emissão de GEE, os combustíveis alternativos têm recebido mais atenção recentemente, além da insuficiência de combustíveis fósseis. Com sua capacidade de renovação, sustentabilidade e redução de dióxido de carbono e outros gases – em comparação com o diesel à base de petróleo – o biodiesel surgiu como um possível substituto para o diesel de petróleo. O biodiesel tem, assim, a capacidade de reduzir as emissões líquidas de gases de transporte, que contribuem para o aquecimento global, e tem a capacidade de reduzir as emissões de material particulado em termos de massa e carcinogenicidade. Além de ter uma densidade e energia semelhante ao diesel de petróleo, e que pode ser usado na maioria dos motores a diesel em sua forma mais pura (chamado de B100) ou misturado em qualquer porcentagem. Como resultado da necessidade de energia renovável, o biodiesel desempenha um papel significativo na busca de um planeta mais sustentável.

Na matriz energética contribui para a menor importação de diesel, assim como colabora para a segurança energética. O biodiesel é uma energia considerada “mais limpa que os combustíveis fósseis” que reduz de forma significativa a emissão de poluentes. Estudos científicos realizados pela União Europeia indicam que o uso de 1kg de biodiesel colabora para a redução de 3 kg de CO₂, um dos gases causadores do efeito estufa (LIMA, 2012). Ainda sobre os benefícios, podem ser destacados aspectos sociais já que a produção de biodiesel possibilita um aproveitamento melhor da agricultura, com o aumento da renda do agronegócio, tanto para os produtores de pequeno porte e agricultores familiares quanto para os grandes empreendimentos industriais (FREIRE, 2019).

O biodiesel permite que se estabeleça um ciclo fechado de carbono, ou seja, a planta que servirá de matéria-prima, enquanto em fase de crescimento, absorve o CO₂ e o libera novamente quando o biodiesel é queimado na combustão do motor. Com esse ciclo fechado

estabelecido, o biocombustível reduz em até 78% as emissões líquidas de CO₂. Além disso, o uso do biodiesel reduz as emissões de gases de enxofre (20%), anidrido carbônico (9,8%), hidrocarbonetos não queimados (35%), material não particulado (55%) e compostos sulfurados e aromáticos (100%). Já Lima (2012) cita a redução de 37% na emissão de hidrocarbonetos, 78,45% de CO₂, e 32% de material particulado, além de ser livre dos gases de enxofre. Entretanto um apontamento da literatura no uso de biodiesel é o aumento das emissões de gases NO_x, entretanto de certa maneira compensada pela queda das emissões de material particulado, HC, CO e CO₂, significativamente reduzidas usando biodiesel em vez de diesel fóssil (MASERA e HOSSAIN, 2023).

Já a Abiove (2023) expõe que a mistura de 20% de biodiesel no diesel reduz em 14,5% as emissões totais do combustível consumido com essa configuração, além de reduzir de 69 a 72% os gases do efeito estufa quando comparado o biodiesel com o diesel mineral.

Assim, a utilização de biodiesel evita a poluição do ar melhorando a saúde das pessoas, ao contrário do diesel comum que lança toneladas de dióxido de enxofre, hidrocarbonetos pesados oriundos da queima incompleta, sem falar na enorme emissão de dióxido de carbono e outras partículas que causam problemas respiratórios e dermatológicos. Deve-se considerar também que a produção desse biocombustível aumenta o número de empregos tanto no campo quanto na indústria em virtude de sua fabricação reclamar mão de obra especializada e cuidados com as culturas que fornecem a matéria-prima (GARCILASSO, 2014).

Segundo Domingues (2016), o biodiesel, comparado ao óleo diesel derivado de petróleo, pode reduzir em 78% as emissões líquidas de gás carbônico, considerando-se a reabsorção pelas plantas. Além disso reduz em 90% as emissões de fumaça e praticamente elimina as de óxido de enxofre. Claro que esse dado pode ser questionável, tendo em vista que muitos cultivos, como a soja, tem o ciclo curto e ao fim deste, todo o carbono retorna à atmosfera. Ademais, o uso de fertilizantes ou corretivos de solo, como calcário, liberam CO₂, não podendo haver, então, a redução citada.

Segundo Holanda (2005), o que realmente impulsiona a produção de biodiesel e as pesquisas para se obter a substituição ou a complementação da matriz energética mundial é a provável escassez das reservas de petróleo conhecidas, que durariam cerca de 40 anos. Logo, o biodiesel se consolidaria como alternativa para o atendimento da demanda energética. O interesse econômico e ambiental de inserir no mercado um novo combustível, seja em sua forma pura ou associada a outros combustíveis, têm sido um dos objetivos do setor energético para

amenizar os impactos ambientais causados pelo consumo de combustíveis fósseis e diminuir a dependência energética desse recurso não renovável.

Segundo Ramos et al. (2017), a cadeia de produção e uso de biodiesel se desenvolveu enormemente em todo o mundo e hoje este biocombustível representa uma das principais alternativas aos combustíveis derivados do petróleo, sendo que vários estudos demonstraram a sua compatibilidade com o óleo diesel e as especificações evoluíram para garantir a segurança e a satisfação dos usuários. Apesar de já ter atingido certo equilíbrio em economias mais fortes como Alemanha, Estados Unidos e França, esta cadeia continua a se expandir em economias emergentes como o Brasil, onde se consolidou como um projeto de amplo interesse científico, tecnológico, político e econômico.

O setor de combustíveis no Brasil tem se mostrado como um dos principais emissores de GEE's, e por isso tem demandado esforço de diversos agentes e pesquisadores interessados em minimizar e mitigar os impactos gerados pelo setor. Remontando desde a década de 1930, o governo brasileiro tem lançado mão de políticas públicas para estimular o mercado de biocombustíveis, como por exemplo, o Proálcool, a inserção de veículos com tecnologia *flex fuel*, a mistura obrigatória de etanol anidro na gasolina, o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) e, mais recentemente, o Programa Combustível do Futuro – programa do governo federal para inserção de diversos biocombustíveis na matriz energética em forma de lei federal (EPE, 2022b).

Em setembro de 2015, o Brasil participou da COP21 na qual foram apresentadas e ratificadas as metas nas quais o Brasil se compromete atingir para contribuir com a redução do GEE. Elas englobam os setores de combustíveis, uso da terra, energia, agricultura, reflorestamento, indústria e transportes com metas de redução de emissão, aumento de área de reservas e aumento da eficiência energética (NATIONS, 2015).

Segundo Klein et al. (2019), além da meta do Acordo de Paris que estipula um percentual de redução nas emissões até 2030, o Brasil ainda possui uma meta de chegar em 2025 com redução de 37% em relação aos níveis de 2005. Assegurando também para 2030 pelo menos 45% de fontes renováveis na matriz energética nacional (ANP, 2021).

Levando-se em consideração o potencial agrícola brasileiro e condicionantes ambientais mundiais, torna-se oportuno discutir a produção de fontes alternativas de energia. O biodiesel se torna interessante na complementação energética brasileira, a medida em que haveria sobra de diesel para atender a outros usos - sendo estes agropecuários, industriais e a sistemas descentralizados de produção de energia (geração estacionária). De qualquer forma, a

entrada do biodiesel no mercado favorece o crescimento da indústria automobilística, mantendo a frota e as vendas no setor (DOMINGUES, 2016).

Em um trabalho do governo através de suas Agências e Ministérios, foi criado o Programa RenovaBio, que é a política nacional instituída com o objetivo de estimular a produção e consumo de biocombustíveis no Brasil, baseada principalmente na previsibilidade, sustentabilidades econômica, social e ambiental e redução de emissões de gases de efeito estufa.

Chamada de Política Nacional de Biocombustíveis, e instituída pela Lei da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) nº 13.576/2017, o programa RenovaBio possuía os seguintes objetivos: (1) Fornecer uma importante contribuição para o cumprimento dos compromissos determinados pelo Brasil no âmbito do Acordo de Paris; (2) Promoção adequada da expansão dos biocombustíveis na matriz energética, com ênfase na regularidade do abastecimento de combustíveis; e (3) Assegurar previsibilidade para o mercado de combustíveis, induzindo ganhos de eficiência energética e de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa na produção, comercialização e uso de biocombustíveis (ANP, 2021).

Diferente de outros projetos desenvolvidos em nível global de créditos de carbono, onde o agente despoluidor pode vender seus créditos gerados no mercado voluntário, ou criando mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL), existe uma produção de créditos a partir da descarbonização do sistema. O crédito de descarbonização (CBIO) do Programa RenovaBio, promove uma redução de emissões a partir do momento que o distribuidor utiliza um combustível mais “limpo”, de menor emissão, promovendo a “descarbonização” do sistema. A inovação em tais mecanismos reside no fato de que a quantidade de CBIO’s que uma entidade pode emitir no mercado de ações estará diretamente ligada à redução das emissões de GEE associadas com a produção de determinado biocombustível em relação ao seu concorrente fóssil (KLEIN et al., 2019).

Dada a grande importância desse do Programa para o desenvolvimento do mercado de biocombustíveis no país, ter uma informação mais assertiva na tomada de decisão se torna primordial para a continuidade e sustentabilidade das empresas produtoras de combustíveis renováveis.

Dentre as fontes de biomassa disponíveis para produção de biodiesel – um dos principais biocombustíveis participantes do programa RenvaBio – os óleos e gorduras de origem vegetal e animal têm sido largamente investigados como candidatos a programas de energia renovável porque possibilitam a geração descentralizada de energia e um forte apoio à

agricultura familiar, criando melhores condições de vida em regiões carentes, valorizando potencialidades regionais e oferecendo alternativas a problemas econômicos e socioambientais. Gerando ainda um novo estímulo às cadeias produtivas de oleaginosas, com a subsequente geração de milhões de empregos diretos e indiretos, proporcionando uma redução gradual dos níveis de importação de derivados de petróleo, favorecendo assim o equilíbrio de balanças comerciais normalmente deficitárias (RAMOS et al., 2017).

Vale destacar que o Brasil, por ser detentor de uma grande extensão territorial, apresenta uma ampla diversidade de matérias-primas para a produção de biodiesel, como a soja, o girassol, a mamona, o milho, o pinhão manso, o algodão, a canola/colza, o babaçu, o buriti, o dendê, a macaúba e o amendoim, além das de origem animal como o sebo bovino e as gorduras de frango e de suínos. No entanto, é importante ressaltar que as propriedades químicas e físicas da matéria-prima estão diretamente associadas à tecnologia e ao rendimento do processo de conversão e, por conseguinte, às variações na qualidade final do produto para fins combustíveis (RAMOS et al., 2017).

No caso do biodiesel produzido no Brasil, a produção a partir de óleo de soja, representa aproximadamente 75,2% do consumo das matérias primas para produção do biocombustível (ANP, 2022c). Entretanto ainda segundo a ANP, outros produtos como as gorduras animais, que atingem uma fatia aproximada de 11,78% no consumo de matérias primas, sendo 8,63% de gordura bovina, 2,56% de gordura de porco e 0,59% de gordura de frango, que podem ser estimulados frente ao potencial que a certificação para o RenovaBio pode trazer consumindo-se essas matérias-primas.

Em se tratando de óleo de soja e gordura animal (sebo bovino), ambas as matérias primas possuem dentro do âmbito do programa RenovaBio, notas de eficiência energética distintas, sendo que as gorduras animais adentram ao programa com a definição de “resíduos”, sem emissão de carbono no processo de geração da matéria-prima. Sendo assim, a utilização de gordura animal com eficiência energética maior na geração de CBIO's no processo de produção de biodiesel.

A análise econômica, através da precificação do CBIO no mercado nacional, permite avaliar o quanto a utilização de matérias primas alternativas aos óleos vegetais, como o sebo bovino ou “resíduos” no âmbito do RenovaBio, pode trazer de rentabilidade econômica ao produtor de biodiesel, não só em termos de preço do produto, mas também o quanto através do uso da Renovacalc, pode gerar de CBIO's, além da redução de emissão de CO₂ na cadeia produtiva do biodiesel.

O trabalho de mestrado promoveu avaliar a viabilidade econômica em diferentes matérias primas na produção de biodiesel, usando para o *trade-off* (decisão de aquisição de matéria-prima) os valores de CBIO's gerados na produção do biocombustível. Ainda mais reforçado pelo novo modelo de comercialização de “mercado aberto”, que hoje existe para o setor de biodiesel no país, aumentando a importância da tomada de decisão da empresa produtora. Também permitiu verificar qual matéria-prima do biodiesel gerará menores emissões de CO₂ – calculadas através da Renovacalc – e o contexto em que o RenovaBio está inserido no país, promovendo uma análise do programa. Isso foi motivado pela tomada de decisão mais eficiente e assertiva para escolha da matéria-prima adquirida, considerando não apenas o preço, mas o benefício e retorno que ela pode trazer através da geração e venda de CBIO's.

Devido à grande importância que a matéria-prima possui na dinâmica de produção de biodiesel no Brasil, o trabalho vem auxiliar a decisão do setor na aquisição, sendo um diferencial competitivo economicamente, entre os principais agentes produtores e comercializadores, assim como promove um crescimento dessa política pública, a partir do momento que auxilia na promoção economicamente mais saudável, e que também promove a reciclagem de sebo bovino, material antes descartado na natureza, e que hoje possui primordial participação no PNPB (Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel) e RenovaBio.

Promove também uma visualização da redução de emissões de gases de efeito estufa, ambientalmente, conforme premissas do programa RenovaBio, e permitiu se discutir pontos relevantes para essa importante política pública lançada nos últimos anos.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal é avaliar os ganhos econômicos e ambientais do uso de sebo bovino em substituição ao óleo de soja na produção de biodiesel para o programa RenovaBio, se convertendo em geração de renda através da geração de CBIO's.

Como objetivo específico, pretendemos:

- i) Calcular a correlata redução de emissões de CO₂ através do uso da ferramenta Renovacalc, comparando a emissão do biodiesel produzido com cada matéria-prima com o Diesel;
- ii) Dado o grande contexto do biodiesel na matriz energética nacional (oferta interna de energia), objetiva-se também promover uma discussão sobre o Programa RenovaBio, como política pública de promoção de biocombustíveis, bem como vantagens, desvantagens e análises que permitam diferentes setores produtivos convergirem para um programa de ampla ação na sociedade.

3. METODOLOGIA

Como metodologia, foi realizado um embasamento documental do trabalho, pesquisa e revisão de bibliografia, tomando como base diversos arquivos publicados em nível nacional e internacional, que pudessem dar suporte à análise proposta e desenvolvida.

As bases de pesquisa foram diversos “websites” e fontes de publicação de artigos e documentos, como:

- i) Elsevier (<https://www.elsevier.com/pt-br>);
- ii) Google Scholar (<https://scholar.google.com.br/?hl=pt>);
- iii) Base de dados de publicação de trabalhos da USP, principalmente trabalhos de mestrado e doutorado (<https://www.teses.usp.br/>);
- iv) Revistas especializadas do setor de biodiesel, óleos vegetais e gorduras animais;
- v) Análises mercadológicas de agentes privados que atuam no setor de biocombustíveis, óleos vegetais e gorduras animais;
- vi) Documentos emitidos pelo governo federal e outros agentes e instituições envolvidos nos setores de biocombustíveis, agricultura familiar, proteínas e óleos;
- vii) Periódicos de eventos com publicações relacionadas ao tema, como: RenovaBio, Renovacalc, óleo de soja, sebo bovino, agricultura familiar e outros;
- viii) Legislação (Decretos, Leis, Portarias e Resoluções) que dessem embasamento à pesquisa, trazendo temas referente aos programas envolvidos no trabalho (PNPB, RenovaBio, Selo Biocombustível Social, entre outros) e à tributação dos produtos.

Foram pesquisadas nas bases citadas as principais palavras-chaves: programa RenovaBio; Renovacalc; óleo de soja; sebo bovino; agricultura familiar; biocombustíveis; biodiesel; entre outros. Sendo utilizadas tanto terminologias na língua portuguesa quanto língua inglesa para pesquisa.

A base dos números apresentados representou uma unidade produtiva localizada no Estado de São Paulo, assim como como os preços de matérias-primas para a mesma região, por se tratar de um importante Estado consumidor e de reporte de informações de preço do produto no mercado nacional.

Devido a diversidade de usinas que atuam na produção de biodiesel, de regiões distintas, que possuem características únicas de aquisição de matéria-prima, foi adotado:

- i) Uma usina hipotética, com o tamanho médio de produção de biodiesel, conforme anexo 3;
- ii) Aquisição de matéria-prima da usina com base na produção média acima estipulada. Ora produção total base óleo de soja, ora produção total base sebo bovino, para os cálculos de rendimento e uso de insumos.

O processo de produção desta unidade produtiva foi o de transesterificação, de rota metálica, principal tecnologia hoje utilizada no país para produção de biodiesel.

Após adotadas essas premissas, foi necessário buscar fontes que permitissem avaliar o rendimento de produção de biodiesel e coprodutos, e também o consumo das matérias-primas e os diversos insumos produtivos. Para esses cálculos foram adotadas premissas de uma usina existente no Estado de São Paulo, porém que fossem suportadas pela bibliografia apresentada. Com isso foram obtidos:

- i) Consumo de óleo de soja (em toneladas e %);
- ii) Consumo de sebo bovino (em toneladas e %);
- iii) Necessidade de soja em grãos para esmagamento e extração do óleo necessário para produção de biodiesel;
- iv) Rendimento de extração de óleo de soja conforme esmagadora localizada no Estado de São Paulo;
- v) Consumo de metanol (em t e %);
- vi) Consumo de metilato de sódio – catalisador da reação (em t e %);
- vii) Consumo de hidróxido de sódio (em t e %);
- viii) Produção de glicerina (em t e %);
- ix) Consumo de eletricidade (em MWh);
- x) Consumo de insumos para funcionamento de caldeiras (em t);
- xi) Consumo de Diesel B para produção.

Após a utilização desses dados para os cálculos produtivos, foram adotados da mesma usina de São Paulo, as premissas para preenchimento da Renovacalc, primeiramente para a usina com produção de biodiesel base óleo de soja, em sua fase agrícola:

- i) Área necessária de soja em grãos, para a produção de biodiesel média estipulada no trabalho;

- ii) Produção de soja em grãos total, para atendimento a produção de biodiesel média estipulada;
- iii) Corretivos (calcário dolomítico e gesso) para produção desta soja em grãos;
- iv) Quantidade de semente necessária para essa produção;
- v) Quantidade de fertilizantes sintéticos (ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio) para produção de soja em grãos prevista;
- vi) Quantidade de combustíveis para geração de eletricidade (Diesel B);

Para a fase industrial e de extração do óleo de soja, para a mesma usina, foram coletados os dados de: processamento de soja (inclusive considerando a umidade da soja recebida); distância de transporte da soja; rendimento de óleo e de farelo de soja; consumo de eletricidade da rede; consumo de combustível Diesel B; consumo de insumos de caldeira (cavaco), bem como sua umidade e distância de transporte; e lenha (quantidade, umidade e distância de transporte). Todos esses valores foram necessários para cálculo de emissões base Renovacalc da usina produtiva base óleo vegetal.

Para a fase de produção de biodiesel, foram adotados da mesma usina de São Paulo, as premissas para preenchimento da Renovacalc, tanto para a produção base óleo de soja, quanto produção base sebo bovino:

- i) Quantidade utilizada de óleo de soja (em t);
- ii) Aquisição de gordura animal (sebo bovino) em quantidade (t) e distância média de transporte do produto;
- iii) Quantidade produzida de biodiesel (em m³);
- iv) Quantidade produzida de glicerina (em t);
- v) Quantidade consumida de metanol e metilato de sódio e hidróxido de sódio (em t);
- vi) Eletricidade usada no processo produtivo (em MWh);
- vii) Combustível Diesel B utilizado na produção (geração de energia);
- viii) Quantidade de lenha e cavaco para consumo em caldeira (em t) utilizada na produção, bem como sua umidade e distância de transporte;
- ix) Fluxo de distribuição do biodiesel produzido (rodoviário).

Para o uso da soja em grãos, foi adotado que a totalidade do grão consumido era elegível para o programa RenovaBio.

O período a ser utilizado para verificação de preços de óleo de soja e sebo bovino, foi compreendido entre janeiro de 2017 e abril de 2023.

Para a precificação do óleo de soja e sebo bovino, foram adotadas as seguintes premissas de preço:

- i) Preço de óleo de soja base São Paulo/SP, com referências conforme exposto no trabalho do mercado de *Chicago Board of Trade (CBOT)*, por se tratar o óleo de uma *commoditie*. Foram construídos preços sem e com impostos (ICMS e PIS/COFINS).
- ii) Preços de sebo bovino base São Paulo/SP, com referência local de preço, com e sem impostos (ICMS e PIS/COFINS).

Segundo Matsuura et al. (2018), a Renovacalc é a ferramenta que contabiliza a intensidade de carbono de um biocombustível (em g/CO₂ eq./MJ), comparando-a à do seu combustível fóssil equivalente. Corresponde hoje a um conjunto de planilhas na plataforma Excel®, contendo um banco de dados e uma estrutura de cálculo específica para cada tipo de biocombustível. A Renovacalc contabiliza as emissões a partir das informações da fase agrícola e industrial fornecidas pelos produtores dos biocombustíveis, gerando o índice de intensidade de carbono do biocombustível, que posteriormente é subtraído do índice do combustível fóssil correspondente, gerando a sua Nota de Eficiência Energético-Ambiental (em g CO₂ eq./MJ).

Conforme comunicado RenovaBio, a versão mais atualizada da planilha Renovacalc do biodiesel utilizada foi a versão v.8 de 21/06/22 (ANP, 2022b), a qual foi utilizada no trabalho.

Nos anexos 5 e 6 conseguimos visualizar os parâmetros que são solicitados para preenchimento da Renovacalc. Para preenchimento da calculadora, e contabilização das emissões, foram utilizados dados reais da usina produtiva no Estado de São Paulo, de dados consolidados para as fases agrícola, industrial e de distribuição de cada etapa produtiva, de óleo de soja e sebo bovino, conforme pode ser consultado nos anexos 8, 9 e 10 do trabalho.

Para o óleo de soja especificamente, dado a diversidade de modos de produção, adotou-se conforme especificado no trabalho, o perfil padrão de produção, já com valores estipulados pelo programa RenovaBio, e que se trata de uma média nacional de insumos utilizados na produção de soja, considerando uma penalidade por serem usados valores médios, uma vez que não foram coletados dados de produtores que forneceriam a produção da fase agrícola. Tais dados podem ser verificados no anexo 7 do trabalho, que mostra os dados típicos de uso de insumo para produção de soja, e os valores de penalizam, que impactam diretamente na quantidade de emissões de gases de efeito estufa na produção de soja em grãos.

Para a análise ambiental, de redução de emissões, foi realizado um comparativo das emissões do biodiesel de cada rota de produção (óleo de soja e sebo bovino) com o diesel fóssil,

isso com base nos registros de cada produto na Renovacalc. Com a quantidade de emissão de diesel, e conseqüentemente do biodiesel de óleo de soja, e o biodiesel de sebo bovino, foi calculado a redução de emissão de cada produto em relação ao combustível fóssil, com isso foi analisado o benefício que o uso do biodiesel traz para o ambiente.

Podemos nos utilizar de diversas ferramentas de discussão sobre o Programa, uma delas, segundo Martins (2006), que utiliza a análise SWOT² (*Strenghts, Weaknesses, Oportunities, Threats*) (Anexo 11) como uma das práticas mais comuns nas empresas voltadas para o pensamento estratégico, trazendo uma melhor visão de negócios e cenários de atuação nas constantes mudanças de mercado. Tal ferramenta é utilizada para fazer análises de cenário (ou análises de ambiente), sendo usada como base para a gestão e o planejamento estratégico de uma organização, setor ou mercado. É um sistema simples para posicionar ou verificar a posição estratégica da empresa no ambiente em questão (DAYCHOUW, 2007).

Por isso, foi utilizado a análise SWOT para promover a discussão sobre o programa RenovaBio, compondo a análise dessa importante política pública nacional.

Assim, a metodologia foi um comparativo econômico, com dados da calculadora Renovacalc – base para a geração de CBIO's no Programa RenovaBio – usando o sebo bovino (ou resíduo no âmbito do programa RenovaBio) em substituição ao óleo de soja, na produção de biodiesel, respeitando as limitações técnicas do uso da gordura (conforme a legislação brasileira).

A análise foi desenvolvida em duas etapas:

1. Uma estimativa de impacto econômico do valor do CBIO na produção de biodiesel a partir de resíduos, usando o histórico do preço do CBIO no mercado, o histórico do preço das matérias-primas, e o quanto a indústria produtiva tem de receita na venda de CBIO's quando se compara a aquisição de resíduos *versus* a compra de óleo de soja.
2. Estimar o quanto o uso de resíduo na produção de biodiesel pode representar em redução de emissões de CO₂, através do Renovacalc, em comparação a utilização de óleo de soja vegetal (em seu “perfil padrão” de emissão) na produção do biocombustível.

Usando a análise do impacto econômico, através do histórico das negociações de CBIO's e os preços de matérias primas para produção de biodiesel, vinculados nos principais

² Criada por Kenneth Andrews e Roland Cristensen, e posteriormente aplicadas por inúmeros acadêmicos, a análise SWOT estuda a competitividade de uma organização segundo quatro variáveis: Strengths (Forças), Weaknesses (Fraquezas), Oportunities (Oportunidades) e Threats (Ameaças). Através destas quatro variáveis, poderá fazer-se a inventariação das forças e fraquezas da empresa, das oportunidades e ameaças do meio em que a empresa atua.

meios de mídias do setor e na bolsa B3, conseguiremos avaliar o quanto cada tonelada de gordura animal ou resíduos adquiridos, poderá se converter em rentabilidade através da venda de CBIO's para a indústria do biocombustível renovável, além de fazer uma análise do contexto do Programa, bem como seus pontos positivos e suas fragilidades.

4. REVISÃO LITERATURA

4.1. Programas de biodiesel: histórico e algumas experiências internacionais (Europa, Américas e Ásia).

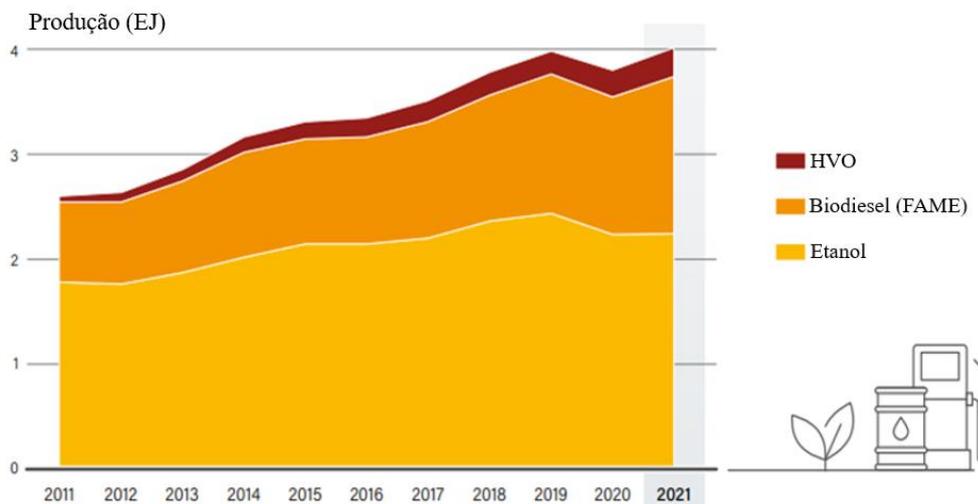
Segundo Andrés (2016) a utilização de óleos como fonte de energia, neste caso combustível, não é uma novidade, já que o primeiro motor a diesel funcionava com óleo derivado do amendoim. Seu inventor, o alemão Rudolf Diesel, apresentou-o em 1.900 como um "motor a óleo". Durante a escassez de derivados de petróleo, como na Primeira e Segunda Guerras Mundiais, óleos vegetais foram utilizados em substituição ao diesel, então o desenvolvimento tecnológico em motores a diesel se intensificou, e desenvolveu-se em torno do petróleo, barato e com propriedades específicas que atendiam aos requisitos de novos sistemas de injeção. Com isso, deixou-se de lado o uso de óleos vegetais como combustível em motores a diesel, que eram mais caros e apresentavam características físico-químicas menos regulares. Em 1973, quando surgiram as primeiras crises energéticas, no caso dos derivados de petróleo, foram propostas a economia de energia e o uso de recursos renováveis, o que estimulou a retomada da pesquisa em biocombustíveis de origem vegetal.

Em 1937 se aplicou um processo químico conhecido desde 1853, a transesterificação, que, pela primeira vez, foi empregada em óleos vegetais para a obtenção de combustíveis usados em motores do ciclo diesel, por iniciativa do cientista Dr. George Chavanne, da Universidade de Bruxelas (Bélgica), que patenteou tal processo em 1937. Em 1938, foi feito o primeiro registro de uso de combustível de óleo vegetal para fins comerciais, sendo usado em um ônibus de passageiros da linha entre Bruxelas e Lovaina (KNOTHE, 2006).

Segundo REN21 (2023), os biocombustíveis líquidos oferecem uma solução para substituir o petróleo fóssil no setor de transportes. Em 2020, os biocombustíveis representaram 3,6% do consumo total de energia do setor. São produzidos principalmente a partir de culturas de açúcar ou amido, como cana-de-açúcar, milho, mandioca e cereais; culturas oleaginosas como canola/colza, soja e dendê; e, mais recentemente, óleo de cozinha usado e gordura animal. Através de várias vias de produção, essas matérias-primas podem ser convertidas em bioetanol, biodiesel, óleo vegetal hidrogenado (ou *hydrotreated vegetable oil* - HVO em inglês) e combustíveis para transporte marítimo e aviação (combustíveis de aviação sustentáveis, ou SAF – *Sustainable aviation fuel*). Tais biocombustíveis são normalmente misturados com gasolina

ou diesel quando usados no transporte rodoviário. Na Figura 1, a seguir, observa-se o aumento da participação do biodiesel e do HVO como conteúdo energético até 2021.

Figura 1 - Produção global de etanol, biodiesel e HVO, por conteúdo energético, de 2011 a 2021.



Fonte: REN21 (2023).

O biodiesel permite também que se estabeleça um ciclo fechado de carbono, no qual o CO₂ (dióxido de carbono) é absorvido pela planta no crescimento, e é liberado quando o biodiesel é queimado na combustão do motor, reduzindo cerca de 78% as emissões líquidas de CO₂. Além disso, reduz em 90% as emissões de materiais particulados e praticamente elimina as emissões de óxido de enxofre (HOLANDA, 2005).

Venkatesan (2023) mostrou também que o óleo de pinhão-mansão transesterificado, com uma mistura de 50% com diesel, em comparação com o diesel mineral, proporcionaram as seguintes descobertas: uma eficiência térmica do freio; as temperaturas dos gases de escape são maiores em todas as cargas em comparação ao diesel; as emissões de CO, CO₂ e HC são reduzidas quando comparado ao óleo diesel; as emissões de NOx do diesel e de todos os combustíveis mistos aumentam à medida que carga do motor aumenta; e o desempenho do motor era igual ou melhor que o óleo diesel, sem prejudicar o motor.

Segundo Pinho e Teixeira (2015) a utilização internacional do biodiesel levou à adoção de uma nomenclatura única para identificar a concentração de biodiesel na mistura, qual seja, “BXX”, em que o “B” refere-se o óleo diesel tipo B, e o XX representa a percentagem em volume do biodiesel na mistura diesel/biodiesel. Por exemplo, utilização de uma concentração de 2%, 5%, 20% e 100% de biodiesel representam B2, B5, B20 e B100, respectivamente.

O biodiesel convencional, comumente referido como biodiesel FAME (*fatty acid methyl ester*), usa em sua maioria óleos vegetais comuns (palma ou dendê no Brasil, soja, amendoim, colza) para conversão via transesterificação para produzir um substituto renovável do diesel no transporte rodoviário. Em 2021, representou 28% da produção total de biocombustíveis globalmente (REN21, 2023).

Na Alemanha, os produtores vendem biodiesel B100 para as distribuidoras e essas disponibilizam em alguns postos de combustível pelo país, puro ou em misturas com diesel (B7) (RAUCH e THONE, 2012). O governo alemão incentiva a população a abastecer com biodiesel ofertando um preço competitivo por meio da redução de impostos do produto em relação ao diesel e estabelece cotas de participação dos biocombustíveis na parcela total de combustíveis utilizados para transporte. Essa ação incentiva revendedoras de combustível e produtores de biodiesel a aumentarem as vendas do biocombustível para atingirem as metas anuais de redução das emissões estabelecidas pelo governo (GARDEBOREK et al., 2017).

A União Europeia mantém os planos de ação de mitigações de GEE e segurança energética estabelecidos em 2007, com metas para os anos de 2020, 2030 e 2050. Para 2020, o chamado “Triplo 20” visava: 20% de redução nas emissões de GEE, comparado a 1990, 20% de participação de fontes renováveis no consumo energético, 10% de participação de renováveis no consumo automotivo e 20% de aumento na eficiência energética, comparados a 1990. Para 2030, as metas serão aumentadas para 40%, 32%, 14% e 32,5%, respectivamente.

Já a Ásia experimentou um rápido crescimento na produção de biodiesel, impulsionado principalmente pela expansão dos mandatos nos países do Sudeste Asiático. A Indonésia³, o maior produtor mundial de óleo de palma, anunciou planos para aumentar seu mandato de mistura de biodiesel para B35 a partir de 2023 (hoje tem utilizado misturas de 30% de biodiesel, ou B30). Em 2020, a Indonésia foi o maior produtor de biodiesel no mundo, com 8,0 bilhões de litros, produzidos a partir de óleo de palma e apoiado por fundos do imposto sobre exportações de óleo de palma bruto. Em 2020, a Malásia anunciou uma meta de B20, mas o lançamento foi adiado devido a problemas relacionados à pandemia de COVID-19 e a uma

³ A mistura de biodiesel na Indonésia começou em outubro de 2008 com obrigação de 1% do diesel usado pelo setor de transporte público, 3% do diesel total usado pela indústria e setor comercial e 0,1% do diesel total utilizado pelo setor de geração de eletricidade. O mandato foi então aumentado em etapas para atingir 20% até 2025. Em 2013 uma emenda estabeleceu o percentual de mistura para 25% até 2025. O governo alterou o mandato novamente, aumentando o percentual de mistura para 30% (B30) e adiantou isso em cinco anos, de 2025 para 2020. Para reduzir ainda mais as importações de diesel, no primeiro semestre de 2020, o governo aumentou a porcentagem de biomassa no diesel adicionando 10% de óleo vegetal hidrogenado (HVO) no atual B30, resultando em B40 (30% de biodiesel misturado com 10% HVO) em meados de 2021. No entanto, o declínio na demanda de diesel e o aumento da diferença de preço entre diesel e biodiesel em meio à pandemia de COVID-19 resultaram no adiamento para 2023-2024 (SGS, 2020).

situação política incerta. A Tailândia adiou seu mandato B10 proposto e, em vez disso, está se concentrando no B7 devido ao aumento dos preços das matérias-primas (REN21, 2023). E complementando a Índia aditou em 2018 a mistura de 20% em algumas regiões (REN21, 2019).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (EPE, 2021b), os Estados Unidos utilizam o biodiesel em qualquer percentual de adição, com algumas regiões atingindo a mistura B20. Em 2020, foram produzidos 6,8 bilhões de litros do biocombustível e consumidos 7,1 bilhões, com a diferença suprida pela importação de 0,2 bilhão de litros e utilização de estoque. Até 2017, as importações americanas de biodiesel eram altas, chegando ao patamar de 2,3 bilhões de litros em 2016, em grande parte provenientes de Argentina e Indonésia (80% ou 1,8 bilhão de litros). Porém, após medidas antidumping aplicadas aos dois países, os volumes voltaram a cair e atingiram 0,6 bilhão de litros em 2019. Apesar da obrigação, ela não ocorre na totalidade dos estados e os percentuais, quando aplicados, variam de 2 a 10%

O Brasil foi em 2018 o segundo maior produtor, responsável por 15,7% do total de 34,3 milhões de m³ produzidos, com crescimento da produção fruto de diretrizes políticas e dos incentivos aplicados à cadeia de biodiesel para promoção do uso do biocombustível, assim como em outros países. O estabelecimento de percentuais obrigatórios de mistura de biodiesel no diesel é uma estratégia adotada em outros países sul-americanos além do Brasil. Em 2018, na Argentina e na Colômbia o percentual mandatório era de 10% de biodiesel no diesel e Costa Rica, 20% (REN21, 2019).

Os anexos 1 e 2, explicitados ao final da presente Dissertação de Mestrado, exemplificam os mandatos globais de misturas de biocombustíveis praticados.

Segundo Petry (2020), com relação as matérias-primas, os programas alemão e francês são baseados no óleo de canola/colza; já o Brasil, os Estado Unidos e a Argentina produzem a maior parte do biodiesel com óleo de soja e o sudeste Asiático o programa é baseado no óleo de palma.

Destaca-se que os países têm buscado alternativas de matéria-prima para produção dos biocombustíveis, promovendo o desenvolvimento do UCO (*using cooking oil*) na Europa, e das gorduras animais nos países da América do Sul.

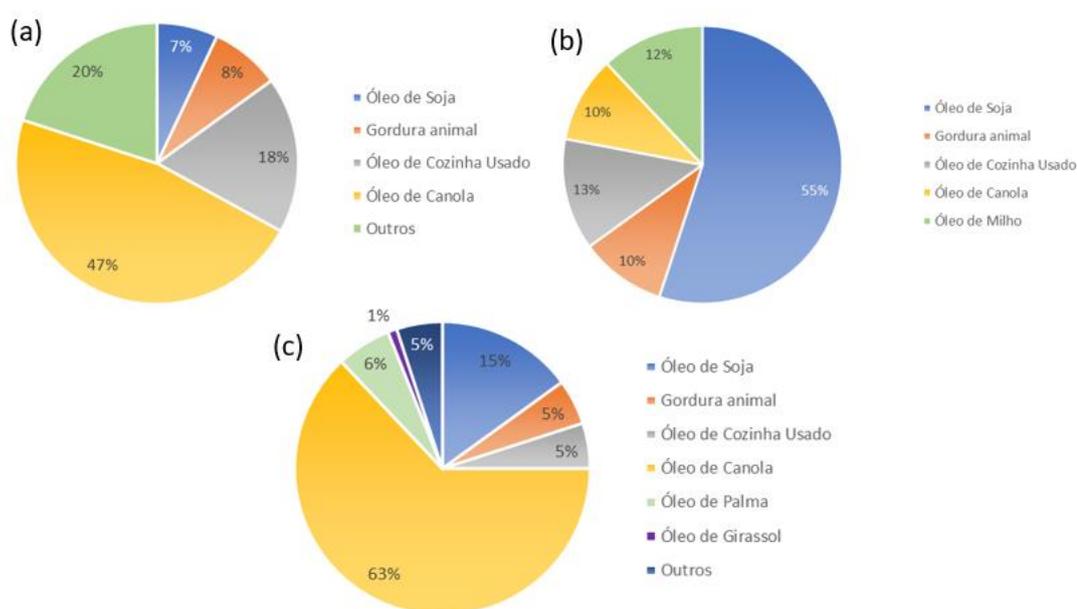
Segundo Maheshwari et al. (2022), o biodiesel surgiu como um potencial combustível alternativo para reduzir a dependência de combustíveis fósseis. Não só reduzindo as emissões antrópicas, mas também tem potencial para impulsionar a economia local. A escolha de matérias-primas é um fator chave para decidir a qualidade e o custo de biodiesel produzido. Óleo não comestível é matéria-prima potencial para produção de biodiesel, para reduzir a

dependência de óleo comestível e evitar a batalha de combustível vs alimento. Embora muitos óleos não comestíveis sejam os principais candidatos às matérias-primas, a sua disponibilidade, por ainda não ter uma cadeia tão estruturada, é a questão principal.

Segundo Pinho e Teixeira (2015), a pouca diversificação de matérias-primas para a produção do biodiesel pode ocorrer em virtude de diversas barreiras, dentre elas a barreira institucional, que podem ir desde um sistema de regulação ineficiente e políticas públicas inapropriadas para estimular a utilização de variados tipos de óleos vegetais na produção deste biocombustível.

Entretanto, Sajid (2021) valoriza o biodiesel, e sendo não tóxico, é considerado como um combustível ecológico. Também cita que várias matérias-primas podem produzir biodiesel, incluindo óleo de colza, óleo de palma, óleo de girassol e óleo de soja, e fontes não comestíveis de pinhão-manso, linhaça, dentre outros. Para o autor, o solo brasileiro possui importantes teores minerais e um clima tropical que favorece o crescimento das lavouras. Essas culturas contêm matérias-primas chamadas de biomassa que são usadas para produzir biocombustíveis. Já os EUA aumentaram significativamente a quantidade de óleo de soja nas últimas décadas para produção de biodiesel, o que impulsionou a produção desse biocombustível. A Figura 2, neste contexto, destaca no mundo as diferentes matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel.

Figura 2 - Matérias primas usadas para produção de biodiesel na EU (a), EUA (b), World (c).



Fonte: Maheshwari (2022).

Assim, é coerente reconhecer que a viabilidade de uma matéria-prima depende de sua competitividade tanto técnica quanto econômica e socioambiental, passando inclusive por importantes aspectos como: i) o teor de óleo e/ou gordura e a complexidade exigida nos processos de extração; ii) a produtividade por unidade de área; iii) o equilíbrio agrônomico/pecuário; iv) a atenção a diferentes sistemas produtivos; v) o ciclo de vida (sazonalidade); vi) sua adaptação territorial; e vii) o impacto socioambiental de seu desenvolvimento. Avaliações como essas são absolutamente fundamentais para a compilação da análise do ciclo de vida do biodiesel, fato hoje considerado importante para um país que pretende explorar o potencial energético de seus recursos naturais (biomassa) de forma sustentável (RAMOS et al., 2017).

4.2. Processo produtivo do biodiesel

O biodiesel é definido pela *American Society for Test and Materials* (ASTM), como um combustível líquido sintético, originário de matéria-prima renovável e constituída por mistura de ésteres alquílicos de ácidos graxos de cadeias longas, derivados de óleos vegetais ou gorduras animais. Também pode ser definido como derivado de biomassa renovável que pode substituir, parcial ou totalmente, combustíveis de origem fóssil em motores a combustão interna ou para geração de outro tipo de energia, de acordo com a definição para biodiesel adotada na lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, que introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira (GARCILASSO, 2014).

Em termos químicos, é uma mistura de ésteres mono-alquílicos de ácidos graxos de cadeia longa derivados de óleos vegetais ou gorduras animais. O processo mais comumente utilizado na indústria é a transesterificação com catalisadores básicos como hidróxido de potássio (KOH), hidróxido de sódio (NaOH) e metilato de sódio (PARENTE, 2003). Segundo Lima (2012), o processo de transesterificação pode ocorrer com o uso de catalisadores ácidos, alcalinos, enzimáticos ou sem catalisador (processo supercrítico) utilizando-se metanol ou etanol para reagir com o óleo. O processo de transesterificação utilizando-se catalisador alcalino e metanol é o processo utilizado comercialmente.

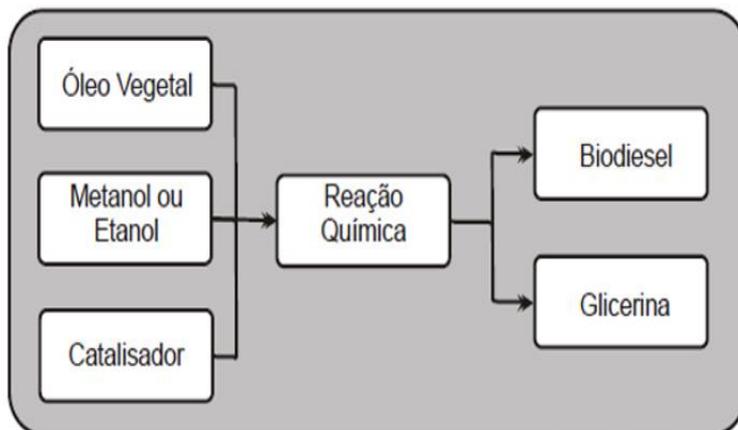
Segundo Petry (2020), nessa reação, óleos vegetais e gorduras animais reagem com um álcool de cadeia curta, metanol ou etanol, na presença do catalisador. O biodiesel obtido

desse processo tem propriedades físico-químicas semelhantes ao diesel de petróleo, o que permite ser utilizado, puro ou misturado ao diesel, em motores a combustão.

Segundo Ghesti et al. (2012), a transesterificação é o processo mais utilizado para a produção de biocombustíveis a partir de óleos vegetais e gordura animal. Na reação, as moléculas de triglicerídeos encontradas na gordura animal ou óleo vegetal (óleo de soja, amendoim, canola etc.), reagem com um álcool (metanol, etanol etc.) na presença de um catalisador (NaOH, H₂SO₄, lipase, etc.) para formar ésteres e glicerol. Além das vantagens mencionadas anteriormente, o biodiesel produzido por transesterificação apresenta também propriedades similares ao diesel derivado de petróleo (número de cetano, viscosidade, massa molecular, densidade, etc.) e não demanda nenhuma alteração nos motores a diesel (DOMINGUES, 2016).

A Figura 3, neste contexto, resumidamente esquematiza o processo de produção de biodiesel:

Figura 3 - Síntese do Processo de Produção de Biodiesel.



Fonte: Domingues (2016).

Segundo Garcilasso (2014), os ésteres metílicos ou etílicos produzidos possuem características químicas e físicas semelhantes à do diesel convencional, embora sejam compostos de classes distintas, com a vantagem de serem menos poluentes, biodegradáveis e renováveis. O álcool mais comumente empregado na produção de biodiesel é o metanol – ou álcool metílico (CH₃OH) – e é um composto químico encontrado na forma líquida, incolor, volátil, inflamável e possui uma chama invisível. É miscível em água, álcoois, ésteres e na maioria dos solventes orgânicos, além de possuir uma razoável solubilidade em óleos e gorduras – que possui uma cadeia mais curta do que o etanol e uma maior polaridade, o que torna mais

fácil a separação entre os ésteres e a glicerina. Além do produto principal, o biodiesel, a reação de transesterificação geram um subproduto denominado glicerina, utilizado para diversos fins industriais. Ramos et al. (2017) também destaca o metanol como o álcool mais utilizado para produção do biodiesel no Brasil e no mundo, e que dentre os fatores que contribuem para essa escolha está o custo do metanol no mercado internacional como sendo menor que o do etanol.

Segundo já citado por Garcilasso (2014), o processo de transesterificação é realizado mediante a presença de um catalisador, geralmente básico ou ácido. O processo de transformação dos triglicérides em biodiesel não seria economicamente viável sem eles. Os catalisadores são capazes de direcionar e acelerar as reações químicas sem nelas serem consumidos e sem alterar as condições de equilíbrio termodinâmico. O catalisador forma ligações com as moléculas reagentes, permitindo que elas reajam entre si, formando o produto, que se separa do catalisador e este, por sua vez, é liberado inalterado e disponível para ser utilizado na próxima reação. Este processo pelo qual um catalisador acelera uma reação ou a catalisa é a chamada catálise. A produção de biodiesel por meio da transesterificação pode ser conduzida tanto pela catálise homogênea (básica ou ácida) quanto pela heterogênea (metais alcalinos e ácidos orgânicos e inorgânicos). Os catalisadores utilizados na catálise básica são bases fortes como KOH, NaOH, carbonatos entre outros.

4.3. Estrutura do setor de biodiesel no Brasil

4.3.1. Histórico do biodiesel no Brasil

As primeiras iniciativas para utilização do biodiesel remontam a primeira metade do século XX, onde foram realizados os primeiros testes com óleo de semente de algodão, porém constatou-se que sua queima produzia goma e cinzas, que ficavam armazenadas dentro dos motores (RICO & SAUER, 2015).

Ramos et al. (2017) explicou que no Brasil, os primeiros estudos relacionados ao uso de óleos vegetais e seus derivados como combustíveis alternativos ao diesel de petróleo tiveram início logo após a Primeira Guerra Mundial, por motivos de segurança nacional, sendo que esses estudos culminaram com a criação do Programa Nacional de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Proóleo) em meados da década de 1970. Tais pesquisas foram realizadas com uma grande variedade de óleos virgens e, nos testes realizados em caminhões e máquinas agrícolas, foi ultrapassada a meta de um milhão de quilômetros rodados. Porém os estudos

demonstraram a existência de algumas desvantagens no uso direto de óleos virgens: i) a ocorrência de excessivos depósitos de carbono no motor; ii) a obstrução nos filtros de óleo e bicos injetores; iii) a diluição parcial do combustível no lubrificante; iv) o comprometimento da durabilidade do motor; e v) um aumento considerável em seus custos de manutenção.

Segundo Nogueira & Capaz (2013), na década de 1980, o governo tentou reimplantar um programa de biodiesel similar ao de etanol – o Próleo citado anteriormente – e entre os objetivos deste programa estavam a substituição do combustível diesel com óleos vegetais, incentivando a pesquisa tecnológica para promoção da produção em diferentes regiões do país. Porém o plano não teve sucesso, uma vez que a indústria processadora não estava preparada a sofrer com as flutuações dos preços internacionais da matéria-prima. Além disso houve uma pressão do setor sucroalcooleiro pela proibição da fabricação de veículos leves movidos à diesel, levando a um relatório do Instituto Nacional de Tecnologia na conclusão de ser inviável o uso de óleos vegetais em motores ciclo diesel (RICO & SAUER, 2015).

Já segundo Domingues (2016), com o Próleo, o objetivo era gerar e introduzir os óleos de origem vegetal como substitutos do diesel de petróleo a preços competitivos. Esse programa não teve sucesso, em razão da falta de tecnologia adequada. Em 1983, o governo brasileiro, motivado pela elevação desproporcional dos preços de petróleo, determinou a implementação do Projeto OVEG (Programa Nacional de Energia de Óleos Vegetais), no qual foi testada a utilização de biodiesel e misturas combustíveis em veículos que percorreram mais de um milhão de quilômetros. Essa iniciativa, coordenada pela Secretaria de Tecnologia Industrial, contou com a participação da indústria automobilística, dos fabricantes de autopeças, dos produtores de lubrificantes e combustíveis, da indústria de óleos vegetais e dos institutos de pesquisa.

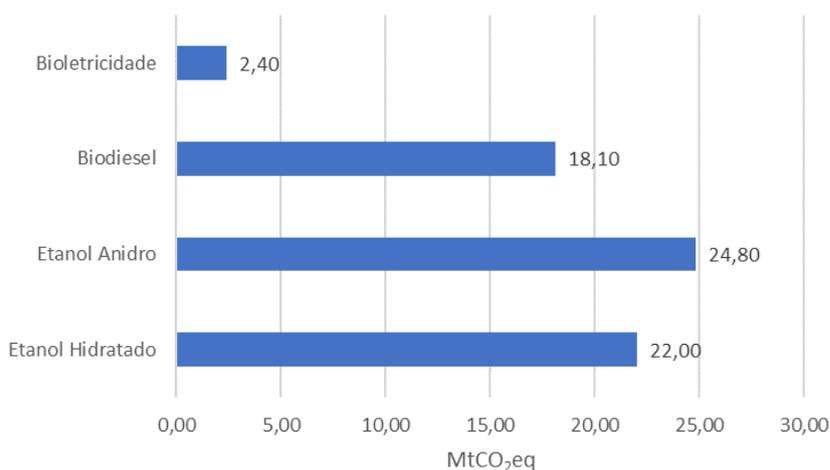
Cabe ressaltar a necessidade da demanda por grandes extensões de terra para a produção de biocombustíveis. Na época, foram devastadas consideráveis áreas para o atendimento dessa demanda energética. Isso resultou na destruição de significativos nichos ecológicos e da mata atlântica (BERMANN, 2007).

Nos anos que seguiram, o avanço da fronteira agrícola nacional resultou no crescimento exponencial de oleaginosas, principalmente a soja, em diversas regiões do país, estabelecendo uma agroindústria capaz de produzir o biodiesel com custos competitivos. Neste contexto, em 2004, quase 30 anos após a tentativa de implantação do Próleo, o governo brasileiro lançou o PNPB, criado para incentivar os pequenos produtores e agricultores das regiões menos desenvolvidas do Brasil na produção de biodiesel, estabelecendo metas

progressivas para o uso obrigatório de misturas de biodiesel em todo o óleo diesel vendido no país. (NOGUEIRA & CAPAZ, 2013).

Segundo Pedroti (2013), mesmo que a dimensão ambiental não conste como objetivo explícito do PNPB, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) considera o uso do biodiesel, bem como o aumento da porcentagem de mistura para os próximos anos, como estratégia para redução das emissões. Além disso, a EPE calcula anualmente uma estimativa da redução das emissões advinda do uso de biocombustíveis na matriz energética brasileira. Segundo o órgão em 2020, de um total de 67,3 MtCO₂eq de emissões foram evitadas, 18,10 MtCO₂eq destes vieram do setor de biodiesel, conforme verificado na Figura 4.

Figura 4 - Emissões, em CO₂eq, evitadas com biocombustíveis em 2020.



Fonte: Elaboração própria com base em EPE (2021b).

Com o PNPB, o governo teve como objetivo introduzir o biodiesel na matriz energética brasileira, dando enfoque a inclusão social e desenvolvimento regional. Dessa forma, o PNPB institucionalizou a base normativa para a produção e comercialização do biodiesel no País, envolvendo a definição do modelo tributário para este novo combustível e o desenvolvimento de mecanismos para inclusão da agricultura familiar, consubstanciado na época no Selo Combustível Social (SCS) (MME, 2021b).

O PNPB entrou em vigor por meio do Decreto Lei nº 11.097 em 13 de janeiro de 2005, e introduz o biodiesel na matriz energética nacional. Segundo o MAPA (2021):

“O PNPB é um programa interministerial do Governo Federal que objetiva a implementação de forma sustentável, tanto técnica como econômica, da produção e

uso do biodiesel, com enfoque na inclusão produtiva e no desenvolvimento rural sustentável, via geração de emprego e renda. ”

As principais diretrizes do PNPB, que foi criado com base no relatório do Grupo de Trabalho Interministerial (GTI) encaminhado à Câmara de Políticas de Infraestrutura, do Conselho do Governo, foram a implantação de um programa sustentável que promova a inclusão social através da geração de renda e emprego; garantir preços competitivos com qualidade e suprimento adequado e produzir o biodiesel a partir de diferentes fontes oleaginosas, fortalecendo as potencialidades regionais ou locais para a produção de matéria-prima. Existem ainda outras diretrizes secundárias que contribuíram para o fomento do Programa, dentre as mais relevantes são: a melhoria no superávit da balança comercial brasileira, tendo em vista que o Brasil é um grande importador de diesel; a disponibilidade de plantas oleaginosas adequadas para produção de biodiesel sem comprometer a segurança alimentar; a substituição do diesel convencional por biodiesel; e a maior eficiência energética no ciclo produtivo do biodiesel, popularizando a ação mitigatória do biodiesel nas emissões de CO₂.

Para a implementação do PNPB foram criados o SCS pelo Decreto nº 5.297 de 6/12/2004, posteriormente substituído pelo Selo Biocombustível Social (SBS) via Decreto nº 10.527, de 22 de outubro de 2020 e alterado pelo Decreto nº 10.708, de 28 de maio de 2021, concedidos a empresas produtoras de biodiesel. O SBS é um benefício de isenção fiscal concedido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), de acordo com a Portaria nº 144, de 22 de julho de 2019 – atualizada pela Portaria nº 280 de 27 de maio de 2022, emitido pelo mesmo órgão – aos produtores de biodiesel que, de acordo com o Decreto nº 10.527, de 22 de outubro de 2020, promovam a inclusão produtiva dos agricultores familiares que estejam enquadrados no Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) e que lhe forneçam matéria-prima.

Desde o lançamento do PNPB, com o aporte de recursos pela iniciativa privada, o mercado ganhou maturidade, como a principal alternativa de substituto ao diesel fóssil, ou diesel mineral. Tudo isso graças à segurança do ambiente regulatório proporcionado na época pela definição de metas e a criação de um marco legal para o biodiesel.

Amparado pela Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, do Conselho Nacional de Políticas Energéticas (CNPE), a mistura de biodiesel ao diesel fóssil teve início em dezembro de 2004, como mistura autorizativa, e em janeiro de 2008, entrou em vigor a mistura legalmente obrigatória de 2% (B2), em todo o território nacional. Com o perceptível amadurecimento do

mercado brasileiro, esse percentual foi ampliado sucessivamente até atingir 5% (B5) em janeiro de 2010. Conforme previsto na Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, a mistura evoluiu posteriormente para 6% (B6) em 2014, 7% (B7) de 2014 até 2016, 8% (B8) em 2017 e 2018, e 10% (B10) a partir de 2018 até 2019, onde com a Lei nº 13.263/2016 e a Resolução do CNPE nº 16, de 29 de outubro de 2018, pôde promover um novo marco de adição de biodiesel ao diesel, promovendo uma evolução da adição obrigatória a partir de 2018, com B10 até 15% (B15) em 2023.

Em 2020, o setor de transportes⁴ foi um dos mais impactados pela pandemia do Covid-19, tendo seu consumo decrescido em 5,5 milhões de toneladas equivalentes de carbono (tec). Segundo Freire (2022), desde 2021 as decisões do governo brasileiro quanto a porcentagem do teor de biodiesel no diesel deixou o setor brasileiro de biocombustível apreensivo. Ao longo de 2021 a mistura variou entre 13% (B13), 12% e 10%, alegando a questão da conjuntura internacional, que provocou o aumento significativo do preço do óleo de soja, aliado à desvalorização cambial, gerando o aumento de preço do biodiesel a patamar muito superior ao preço do diesel. O governo brasileiro reafirmou sua decisão de manter em 10% o teor de biodiesel no diesel ao longo de 2022. Lembrando que segundo o cronograma estabelecido pelo CNPE, na Resolução 16/2018, o percentual de biodiesel adicionado ao diesel teria aumentos gradativos até atingir 15% em 2023.

Porém tem que se ressaltar segundo MME (2020), desde o mês de março de 2020, com o Brasil acometido pela pandemia, cuja segunda onda atingiu, no mês de abril de 2021, teve seus recordes de número de casos confirmados e de óbitos registrados. Medidas de isolamento e distanciamento social, visando à redução da circulação de pessoas, foram amplamente adotadas em grande parte do mundo para minimizar os prejuízos da pandemia à humanidade. Embora valem em espectro, tais ações impactaram severamente a mobilidade de pessoas, com consequências sobre consumo, serviços e atividade industrial, reduzindo as expectativas para o crescimento econômico mundial e trazendo impactos para a demanda global de combustíveis e biocombustíveis. Isso foi observado no Brasil, cujos impactos foram documentados na Nota Técnica "Impactos da pandemia de Covid-19 no mercado brasileiro de combustíveis", produzido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em 2020.

⁴ Praticamente todos os combustíveis utilizados sofreram uma queda em relação à 2019, entretanto a exceção foi o biodiesel. No mesmo ano, no caso das cargas rodoviárias, o biodiesel cresceu 8,4%, impulsionado pela entrada em vigor do B12 no primeiro trimestre, em contrapartida a redução de consumo do diesel fóssil, que foi de 1,1% o recuo. Reforça-se que o consumo final de biodiesel no país em 2020 aumentou 9% (EPE, 2021a).

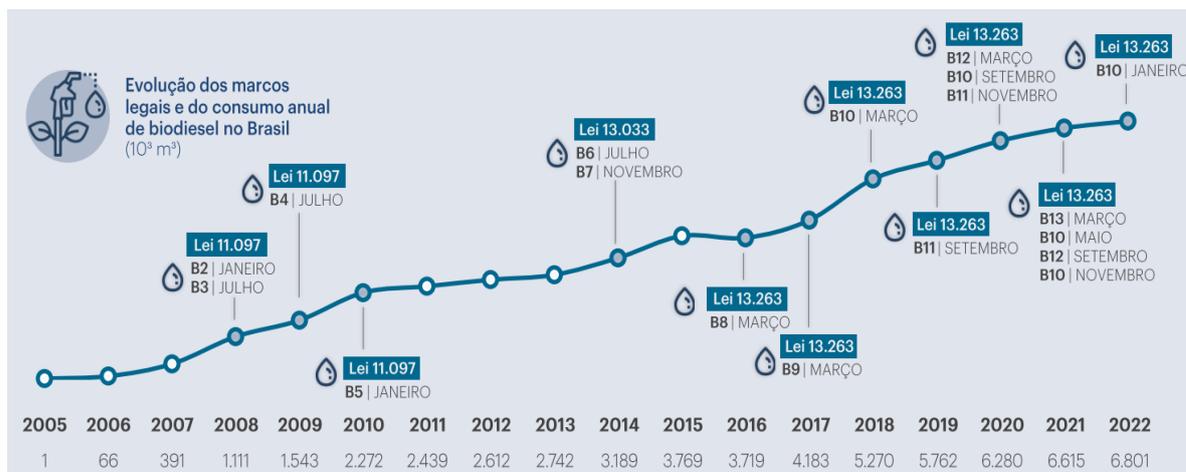
Nesse contexto, a elevação do preço do óleo diesel ao consumidor final, em decorrência do aumento expressivo dos preços do biodiesel, mostrou o potencial de impactar negativamente o desempenho da economia brasileira e o bem-estar social da população em momento de calamidade pública, considerando a relevância do preço do diesel sobre toda a cadeia de fornecimento nacional. Verificou-se que a combinação entre a valorização do custo do óleo de soja nos mercados brasileiro e internacional e a desvalorização cambial da moeda brasileira frente ao dólar, que tem impulsionado as exportações de soja e encarecido o valor do biodiesel produzido nacionalmente. Dessa forma, com base no art. 1º, parágrafo único, da Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, que dispõe sobre a adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel, foi proposto pelo CNPE, por motivo justificado de interesse público, caracterizado pela urgência e pela relevância, a redução do percentual de mistura para até 10% (dez por cento), restabelecendo-o por ocasião da normalização das condições que motivaram a redução do percentual.

Segundo Oliveira (2022), a decisão⁵ do Ministério de Minas e Energia (MME) de reduzir a mistura do biodiesel no diesel comercial de 13% para 10% foi prejudicial para o setor. Gerou efeitos sobre meio ambiente, saúde, segurança energética e no conjunto da economia. Sob pretexto de compensar o aumento de preço dos combustíveis no curto prazo, a medida foi na contramão da transição para energia limpa e quebrou uma regra importante para o desenvolvimento sustentável do país. Tal decisão segundo Ministério ocorreu pelo aumento do preço da matéria-prima no período, ocasionando um aumento substancial do preço do biocombustível, que poderia ser prejudicial à população.

Entretanto mesmo com todas as modificações e alterações, notou-se uma evolução no consumo do biocombustível no país, e ascensão dos marcos legais de mistura; conforme Figura 5, a seguir.

⁵ Temos quatro grandes efeitos que poderiam impactar com as medidas adotadas entre 2021 e 2022: i) o biodiesel contribui na redução do efeito estufa, fundamental para o meio ambiente no combate ao aquecimento global; ii) a diminuição na participação do biodiesel tem impacto negativo sobre a saúde pública. Estima-se que a utilização de combustível fóssil em vez de biodiesel (B10) causaria aumento de 244 óbitos anuais associados a doenças respiratórias; iii) o desrespeito ao cronograma do biocombustível gera fortes impactos negativos na economia – para cada ponto percentual se reduz 34 mil postos de trabalho além de diminuição do PIB e arrecadação tributária. A mudança de B13 para B10, neste novo cenário, reduz mais de 80 mil empregos; iv), a medida desestrutura a cadeia produtiva do biocombustível e do complexo soja, diminui a oferta de farelo de soja no mercado interno, sendo utilizado principalmente para o consumo animal, aumentando os preços finais da proteína de soja e das rações, encarecendo os alimentos. Além disso, a elevação do preço em toda a indústria da soja comprometerá a competitividade das exportações de derivados da soja e da proteína animal.

Figura 5 - Evolução dos marcos legais e do consumo anual de biodiesel no Brasil (x 10³ m³)



Fonte: EPE (2023).

Segundo a CONAB (2023), o CNPE decidiu que o percentual de aumento de biodiesel ao diesel será gradual e, pelo cronograma, o percentual de 15% será apenas em 2026, com 12% em abril de 2023, 13% em 2024, 14% em 2025 e 15% em 2026. Dessa forma, a produção de biodiesel que antes era estimada em 15% de biodiesel ao diesel é reduzida, gerando um menor consumo interno, que passa de 9,15 milhões de toneladas para 8,29 milhões de toneladas.

Visto todo o histórico de progressões e reduções de mistura de biodiesel no país, foi elaborado baseado no trabalho de Pinho (2015), Ramos et al. (2017) e do EPE (2023), um marco histórico completo do setor de biodiesel no Brasil. Neste contexto, apresenta-se, a seguir, a Tabela 1.

Tabela 1 - Marcos históricos do setor de biodiesel no Brasil.

Período	Marco histórico
1920	Experiências pioneiras com combustíveis renováveis através do INT.
1930	Implantação de políticas voltadas para os biocombustíveis.
1948	Criação de incentivos à fabricação de álcool para o uso em motores de combustão.
1970's	Realização de pesquisas de Ceplac e IPT sobre geração de combustíveis a partir de óleos vegetais. Preços de petróleo não permitiram a implementação do uso de biodiesel.
1975	Criação de Proálcool. Criação do Pró-Óleo.
1979	Produção de álcool hidratado, em substituição à gasolina.
1983	Lançamento do Programa de Óleos Vegetais (Oveg.).
1986	Encerramento da expansão do Proálcool, com retirada do subsídio ao álcool.
1998	Biodiesel reincorporado à política energética nacional. Testes no transporte de Curitiba. Primeiros testes com B20 em ônibus urbanos.
2000	Teste com B20 em em Cuiabá/MT no transporte coletivo.
2002	Governo criou o programa PROBIODIESEL, de cunho técnico para discutir especificações, implantação do B5 e discussão de políticas públicas. Testes de campo.
2003	Lançamento dos veículos com motores flexfuel e aumento da produção e o consumo do etanol hidratado.
2004/2005	Criação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB).
2008	Início da obrigatoriedade de uso do B2.
2010	Início da obrigatoriedade de uso do B5.
2014	Início da obrigatoriedade de uso do B6 e B7.
2017	Início da obrigatoriedade de uso do B5. Lei nº 13263/2016 altera os percentuais para 8, 9 e 10%. E Resolução CNPE nº 11/2016 que determina essas adições a partir de 1º de março de cada ano.
2018	Início da obrigatoriedade de uso do B10. Resolução CNPE nº16/2018: Prevê a elevação na mistura de 1% a.a. até o patamar de 15% em 2023.
2019	Início da obrigatoriedade de uso do B11.
2020	Início da obrigatoriedade de B12 em março/20, porém com efeitos da pandemia variou entre B10 e B11 no restante dos meses, devido escassez de soja no mercado.
2021	Início da obrigatoriedade de B13 em março. Porém com redução para B10 no restante do ano pelos altos preços de combustíveis no país.
2022	Obrigatoriedade de B10 para todo o ano de 2022.
2023	B10 entre 01 de janeiro a 30 de março/23 (conforme Resolução nº 12 do CNPE, de 21 de novembro de 2022) e início da obrigatoriedade de B12 em 1º abril/23.

Fonte: Elaboração própria a partir de Pinho (2015), EPE (2023) e Ramos et al. (2017).

4.3.2. Produção do biodiesel no Brasil e participação na matriz energética

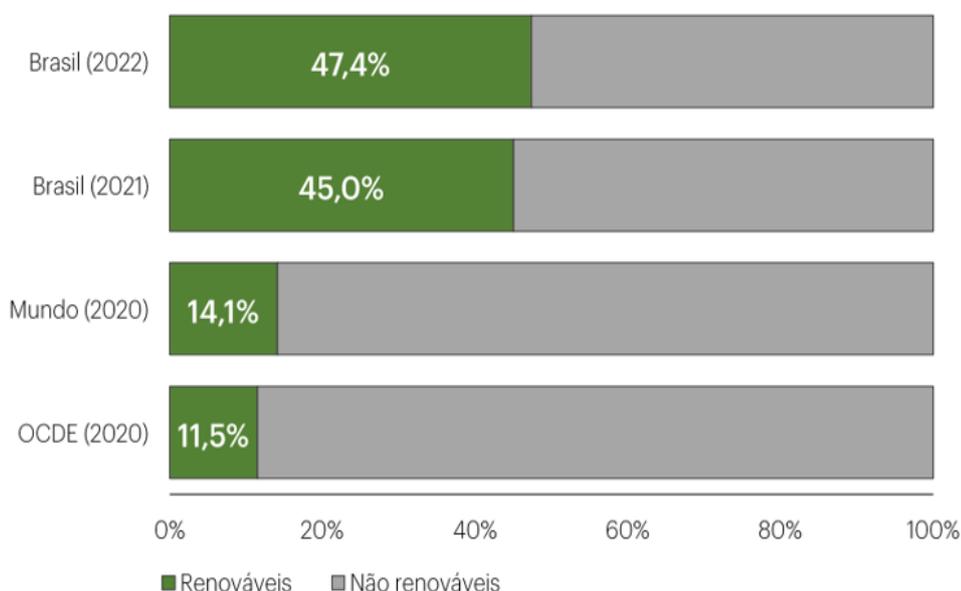
Segundo EPE (2021a), em 2021 o total de emissões antrópicas associadas à matriz energética brasileira atingiram 445,4 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (Mt CO₂eq), sendo a maior parte (197,8 Mt CO₂eq) gerada no setor de transportes. Em termos de emissões por habitante, cada brasileiro, produzindo e consumindo energia em 2021, emitiu em média 1,9 t CO₂eq, ou seja, o equivalente a 13% de um americano, 32% de um cidadão da União Europeia e 27% chinês, de acordo com os últimos dados divulgados pela Agência

Internacional de Energia (IEA em inglês) para o ano de 2019. Ainda com base nos dados da IEA de 2019, a intensidade de carbono na economia brasileira foi 32% da economia chinesa, 57% da economia americana e 95% da economia da União Europeia.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2021a), no Balanço Energético Nacional (BEN), até o fim de 2020, na matriz energética brasileira 51,6% das fontes de energia eram oriundas de petróleo e derivados, e conseqüentemente 48,4% foram de fontes de energias renováveis, dentre elas o etanol e bagaço (19,1%), e o biodiesel (1,8 %). Em um comparativo com os países da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), onde 10,8% da matriz energética eram de fontes de energias renováveis, e 14,2% na média mundial.

Segundo Cardoso et al. (2020) as mudanças na atual matriz energética são necessárias por conta da futura escassez dos fósseis e pelos danos causados por seu consumo e evidenciando o quão competitivo e importante é ao cenário brasileiro o uso e o mercado de combustíveis renováveis. Números atualizados evidenciaram segundo o EPE (2023) que 45% da Oferta de energia interna brasileira fora proveniente de energias renováveis em 2021, e 47,4% em 2022 (aumento de 5%), conforme explicita a Figura 6.

Figura 6 - Participação das renováveis na Oferta Interna de Energia (OIE).

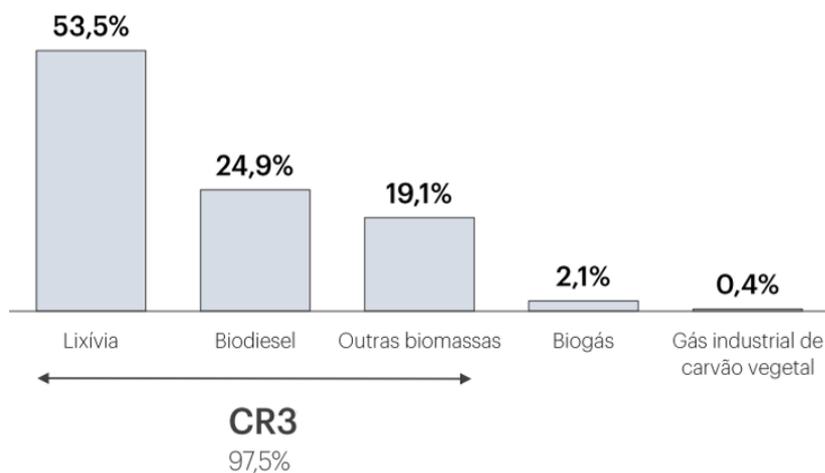


Fonte: EPE (2023).

Dentre as renováveis, segundo o EPE (2023), números de 2022 mostram que 15,4% foram de biomassa de cana, 12,5% de energia hidráulica, 9% de lenha e carvão vegetal e 10,5%

de outras energias renováveis, deste último 24,9% (aumento de 4,4% em relação à 2020) foram ofertados pelo setor de biodiesel, conforme explicita a Figura 7.

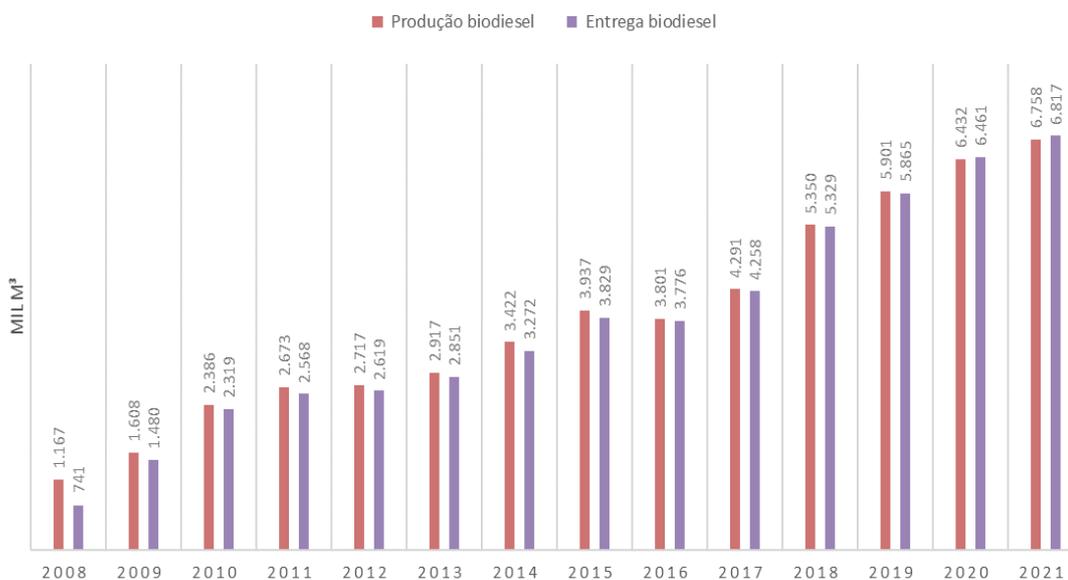
Figura 7 - Divisão de “outras energias renováveis” na OIE.



Fonte: EPE (2023).

Ainda a segundo a EPE, em 2020 a produção de biodiesel (Figura 8) no Brasil teve um acréscimo de 8,6% em relação ao ano de 2019, atingindo um montante de 6.432 mil m³ em 2020 e 6.758 mil m³ em 2021 (ABIOVE, 2023), assim como a mistura utilizada no ano teve uma participação de 11% na mistura com o diesel mineral (EPE, 2021b).

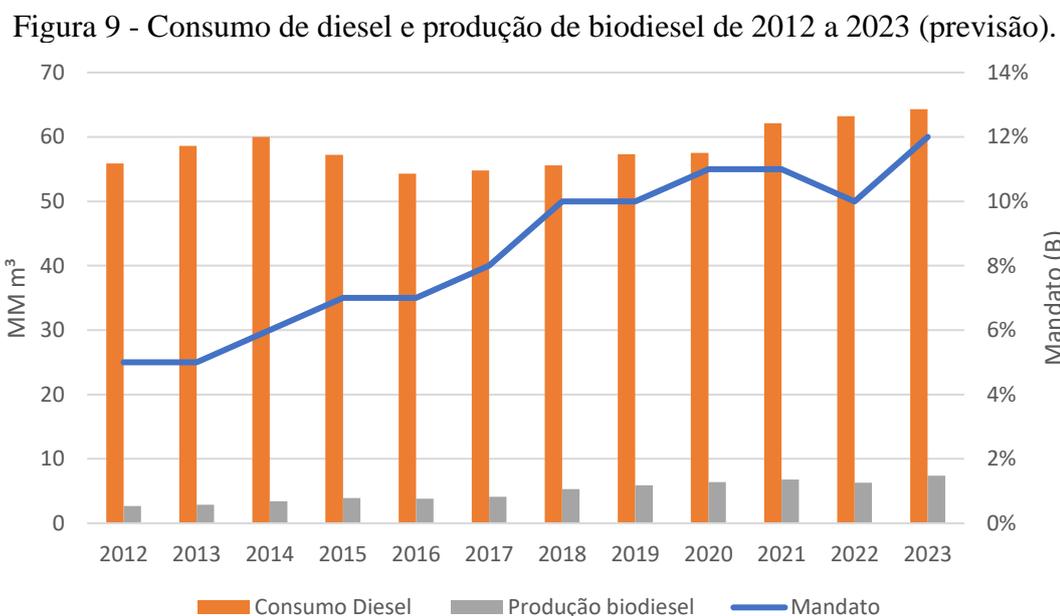
Figura 8 - Produção e entrega de biodiesel entre os anos de 2011 e 2021.



Fonte: Elaboração própria a partir de Abiove (2023), EPE (2021b), Petry (2020).

No Balanço Energético Nacional (BEN), no caso do transporte de cargas rodoviário, o biodiesel cresceu 6,5% impulsionado pelo avanço de sua contraparte fóssil e devido à entrada em vigor do B13 no primeiro trimestre de 2021. Como consequência destes movimentos, o setor de transportes do Brasil apresentou uma matriz energética composta por 23% de fontes renováveis em nesse mesmo ano, contra 25% do ano de 2020 (EPE, 2022). Já em 2022, no mesmo setor, o consumo de biodiesel diminuiu 6,5%, o que pode ser explicado pela redução do percentual de mistura ao diesel mineral para 10% (B10) ao longo de 2022. Como consequência destes movimentos, o setor de transportes do Brasil apresentou uma matriz energética composta por 22% de fontes renováveis em 2022, contra 23% do ano anterior.

Segundo o Itaú BBA (2023a), em se tratando de biodiesel, o Brasil figura entre os maiores produtores mundiais do combustível renovável. Dados mostram que em 2022, o Brasil foi o segundo maior produtor mundial de biodiesel, atrás somente da Indonésia, país que desde 2020 utilizava o mandato de 30% do combustível renovável junto ao fóssil e passou a ser de 35% a partir de fevereiro de 2023. Neste contexto, a Figura 9 mostra o comportamento do consumo de Diesel do Brasil nos últimos anos e a produção de biodiesel, assim como a simulação de consumo para 2023 (mandato de 12% a partir do quarto mês do ano).



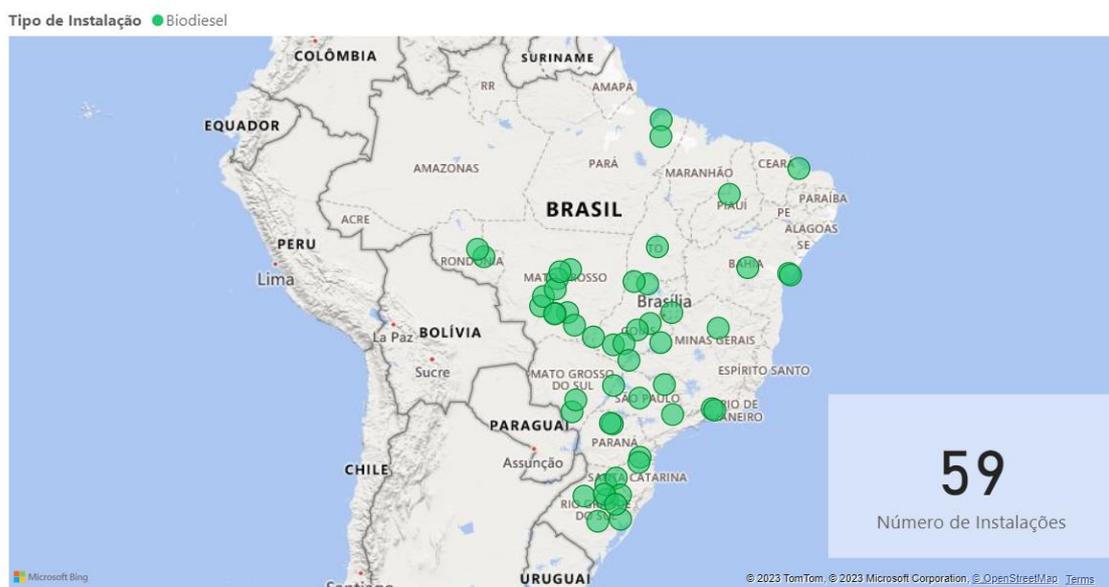
Fonte: Elaboração própria com base em Itaú BBA (2023a).

Temos hoje no país 59 unidades produtoras de biodiesel ativas (exemplo das empresas produtoras no Anexo 3), segundo dados da ANP (2023a), porém quando avaliamos a

quantidade de usinas que estão inativas e em processo de autorização para produção (10 usinas), somamos 69 usinas (Anexo 4), mostrando ainda o grande potencial de crescimento no setor.

Ainda conforme visualizado no Anexo 3, segundo dados da ANP (2023b), as 59 usinas ativas possuem uma capacidade diária de produção de 38.451 m³ (média por usina de 652 m³). Esse número mostra uma capacidade mensal de 1.153 mil m³, ou anual de 13.836 mil m³. Com isso, nota-se que o mercado brasileiro de biodiesel ainda possui uma capacidade ociosa de produção, visto que a previsão em 2023 é de atingir 7.400 mil m³ (aproximadamente 53% de ociosidade). A título de visualização, no contexto do mapa do Brasil, apresenta-se na Figura 10 a localização das 59 instalações de biodiesel no país.

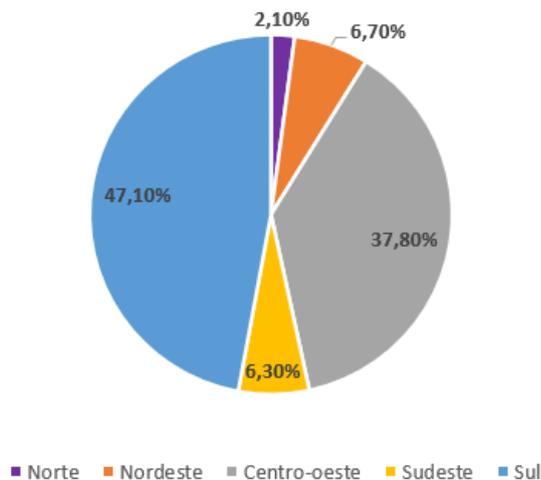
Figura 10 - Número de instalações produtoras ativas de biodiesel no Brasil e respectivas localizações.



Fonte: ANP (2023b).

Regionalmente, tal como se observa pela Figura 11, temos o destaque da região Sul e da região Centro-oeste, como maiores produtores de biodiesel no país.

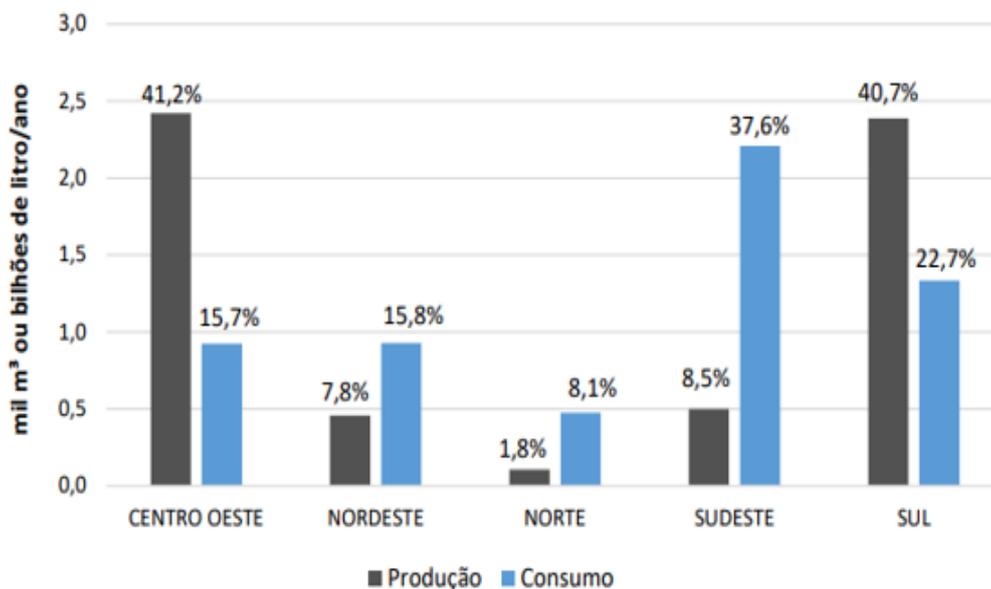
Figura 11 - Participação regional na produção de biodiesel em 2021.



Fonte: Elaboração própria com base em Abiove (2023).

Segundo Amato (2021) analisando o consumo de biodiesel no território brasileiro, este se concentra, em mais de 50%, nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Paraná fazendo com que exista uma concentração de fluxo logístico da produção das regiões com maior produção para estes Estados, onde vemos um comparativo entre produção e consumo no território nacional, e a produção e consumo por regiões (Figura 12).

Figura 12 - Produção versus Consumo de biodiesel em 2019.

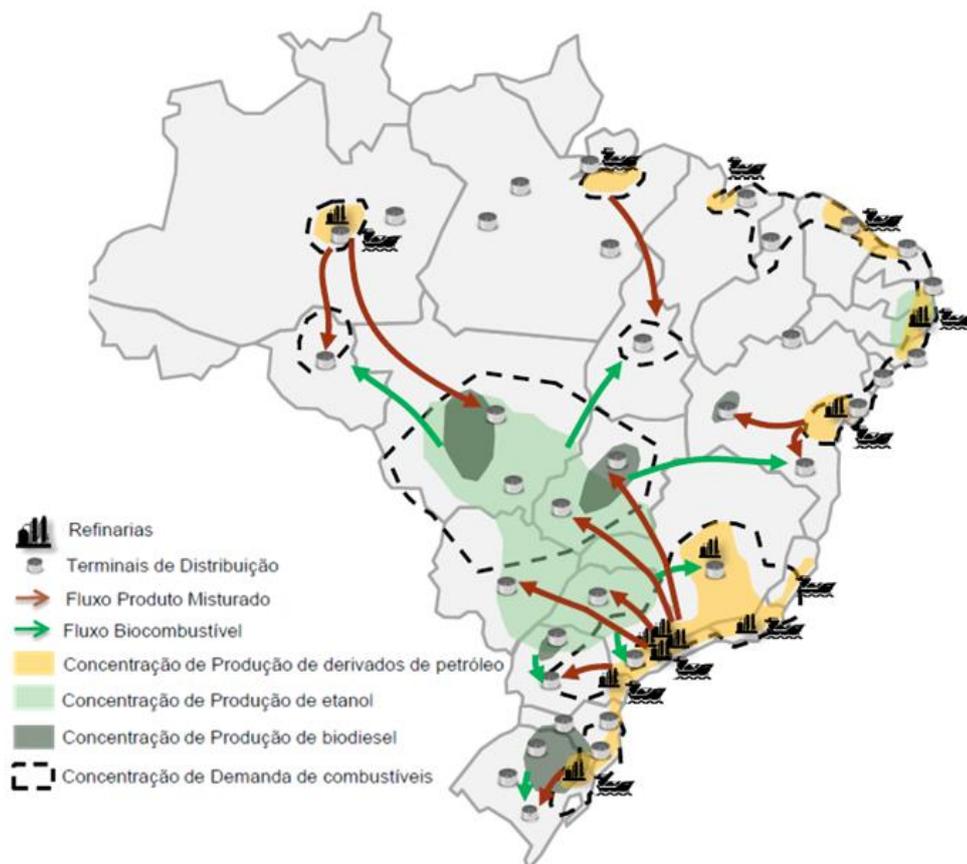


Fonte: MME (2020).

Para atender esta demanda de consumo de biocombustíveis e combustíveis fósseis (uma vez que estes são misturados) existe uma complexa cadeia de distribuição de combustíveis. Por apresentar dimensões continentais, o Brasil demanda uma cadeia de abastecimento com enorme infraestrutura física, formada por terminais de armazenagem, oleodutos de transporte, hidrovias e rodovias (CBIE, 2022).

Segundo Amato (2021) vale salientar que a distribuição do biocombustível comumente está atrelada a distribuição do combustível fóssil também, uma vez que estes são misturados para o consumidor final (gasolina + etanol; diesel e biodiesel). Neste contexto, a Figura 13 mostra os principais centros de produção de combustíveis fósseis (derivados do petróleo) e biocombustíveis (etanol e biodiesel), bem como os terminais de distribuição e os centros de demanda e consumo.

Figura 13 - Fluxo logístico de distribuição de combustíveis.



Fonte: CBIE (2022).

Conforme detalhado nos tópicos anteriores, os estados produtores de biocombustíveis se concentram no interior do país. Em contraposto, a produção e importação de derivados de

petróleo está localizada ao longo da costa litorânea, distribuída por refinarias e portos. Esta distribuição faz com que a logística para mistura e distribuição dos combustíveis passe por uma longa distância através do país. Segundo o Centro Brasileiro de Infraestrutura (CBIE) apesar de desenvolvida, a infraestrutura logística brasileira para os combustíveis e biocombustíveis ainda é deficitária. A rede de dutos e ferrovias do país ainda não está dimensionada para o fluxo atual, fazendo com que exista uma dependência do modal rodoviário (CBIE, 2022). Ainda segundo a CBIE os investimentos em infraestrutura é elemento comum a países desenvolvidos e em desenvolvimento, sempre presente nas discussões crescimento econômico e social (CBIE, 2022).

Dado toda a estrutura da política pública institucionalizada no país, a estrutura do setor possibilitou uma redução da dependência externa no contexto analisado. A indústria nacional de refino não avançou, produzindo menos diesel em 2018 quando comparado a 2009, ao mesmo tempo em que a importação de diesel triplicou. Em um contexto sem a produção de biodiesel nacional (cenário hipotético) segundo estudo de Petry (2020), a dependência externa em 2009 passaria de 7,3% para 10,5% e, em 2018, de 19,9% para 28,4%, em comparação ao cenário real (Tabela 2). Como a dependência externa é uma das dimensões da segurança energética (SOVACOOOL e BROWN, 2010), o PNPB se mostrou positivo nessa relação, sendo que a contribuição do biodiesel foi crescente, acompanhando o aumento da mistura obrigatória prevista no Programa.

Tabela 2 - Comparação dos dados de produção de biodiesel e importação de diesel nos anos de 2009 a 2018 para o cenário real e hipotético, sem o uso de biodiesel.

Produção/Importação (Milhões de tep)	Cenário real		Cenário hipotético	
	2009	2018	2009	2018
Diesel nacional	36,38	35,51	36,38	35,51
Diesel importado	2,98	9,88	2,98	9,88
Biodiesel nacional	1,27	4,24	-	-
Diesel adicional	-	-	1,27	4,24
Total	40,63	49,63	40,63	49,63
Dependência externa	7,30%	19,90%	10,50%	28,40%

Fonte: Petry (2020).

Segundo a EPE (2017) e o SGS (2020), o biodiesel era comercializado através de leilões em quantidade suficiente para compor a mistura (BX) imposta pela legislação. Este mecanismo foi a estratégia adotada para desenvolver o mercado e estimular os investimentos na cadeia produtiva. Isto possibilitou a participação de diferentes segmentos sociais vinculados ao fornecimento de matérias-primas, particularmente dos agricultores familiares e do próprio agronegócio. O PNPB vinculava o SCS (ou SBS), garantindo que empresas detentoras do selo concorram prioritariamente à venda de 80% do volume total a ser arrematado.

O leilão de biodiesel foi o mecanismo implementado para desenvolver o mercado no primeiro momento, quando havia risco de não se conseguir produção em patamar suficiente para atender às obrigações regulatórias de adição mínima do renovável. Dessa forma, o leilão foi tratado como instrumento de criação de um mercado de biodiesel no Brasil (MME, 2020).

Entretanto, a partir de janeiro de 2022, o mercado passou por uma mudança significativa em seu modelo de comercialização, passando de leilões públicos para mercado aberto de comercialização, conforme Resolução ANP n° 857, de 28 de outubro de 2021, que dispõe sobre as regras de comercialização de biodiesel para atendimento da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado com o consumidor final.

Segundo MME (2020), o aprimoramento do arcabouço regulatório do setor de combustíveis, embasado sob o pilar de uma nova configuração do mercado, requer o estabelecimento de novos formatos de comercialização de biodiesel no País, aderentes a um mercado mais competitivo pautado na livre negociação entre as partes, com menor intervenção estatal, gerando, assim, um mercado mais livre e competitivo. Assim, após um intenso debate regulatório, foi tomada a decisão da mudança do modelo de comercialização, para um modelo concorrencial e de mercado aberto, na venda do biodiesel.

A regulamentação e fiscalização do mercado de combustíveis automotivos no Brasil são de responsabilidade da Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP). A regulamentação do biodiesel teve início pela Resolução ANP N° 14/2012, sendo que para utilização do biodiesel, a ANP exige um conjunto de especificações e padrões de qualidade, que estão descritos na Resolução ANP N° 45/2014 (revogando a primeira publicada n° 14). A tabela 3, neste contexto, apresentam as informações principais de especificação. A legislação da qualidade do biodiesel não leva em consideração as diferenças climáticas, logísticas e operacionais, causando impacto para os agentes regulados do setor de distribuição de combustíveis da Região Norte, e acaba não dando condições iguais para o setor em relação ao restante do país e em relação à fiscalização (OLIVEIRA et al., 2020).

Tabela 3 - Especificações nacionais para o biodiesel no Brasil, conforme Resolução n° 45 da ANP de 25/08/2014.

Propriedades	Limites	Métodos
Ponto de fulgor (°C)	100 mín.	NBR14598; D93; EM/ISO3679
Viscosidade conemática a 40°C (mm ² /s)	3,0 a 6,0	NBR10441; D445; EM/ISO3104
Cinzas sulfatadas (% m/m)	0,02 máx.	NBR6294; D874; EM/ISO3987
Enxofre total (mg/kg)	10 máx.	NBR15867; D5453; EM/ISO20846/20884
Corrosividade ao cobre por 3h a 50°C	No. 1 máx.	NBR14359; D130; EM/ISO2160
Teor de éster (% m/m)	96,5 mín.	NBR15764; EN14103
Número de cetano	Anotar	D613/6890; EM/ISO5165
Índice de acidez (mg KOH/g)	0,50 máx.	NBR14448; D664; EN14104
Glicerol livre (% m/m)	0,02 máx.	NBR15771/15908; D6584; EN14105/14106
Glicerol total (% m/m)	0,25 máx.	NBR15344/15908; D6584; EN14105

Fonte: Ramos et al. (2017).

Entretanto o fator qualidade segue de suma importância para todo o setor, que a partir do momento que evolui em maturidade, e conforme se desenvolvem novas tecnologias de motores, o Programa também atua no aprimoramento das especificações. Para isso foi publicada mais recentemente a Resolução ANP n° 920 de 04 de abril de 2023. Com a mudança do modelo de comercialização, notou-se uma necessidade de o produtor de biodiesel trabalhar em prol de qualidades até melhores que a exigida pela regulamentação, como fator primordial na competição da venda do produto.

Assim, para que o biodiesel se torne um vetor de desenvolvimento - gerando empregos, renda e energia em bases sustentáveis, é importante que seja implantada uma política ampla. Para tanto, deve se levar em conta as dotações regionais, as culturas mais bem adaptadas e a infraestrutura existente e garantir a produção/distribuição do biodiesel em todas as regiões brasileiras (DOMINGUES e DAMASCENO, 2008).

Dado o foco do estudo na cadeia do biodiesel, os próximos tópicos irão restringir as análises do PNPB como promotor de inclusão social através do Selo Biocombustível Social; a importância da escolha de matérias-primas para produção do biodiesel (óleo de soja e sebo bovino); e sobre o Programa RenovaBio, programa com o maior impacto sobre a cadeia do Biodiesel.

4.4. Biodiesel brasileiro (PNPB) como programa de inclusão social - Selo Biocombustível Social (SBS)

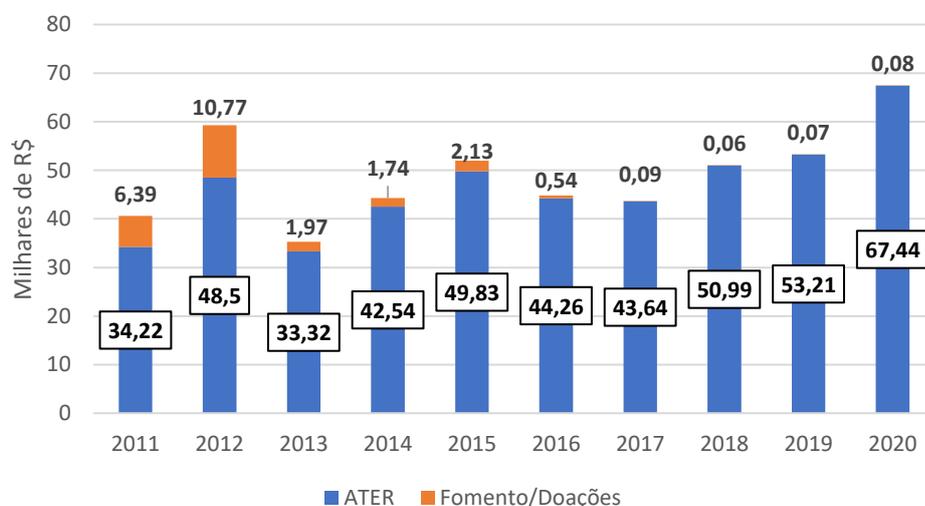
Como o PNPB foi elaborado, desde o início, com a intenção de promover a inclusão da agricultura familiar no programa e explorar as potencialidades regionais de produção, foram criados alguns instrumentos geridos por órgãos governamentais, como o Selo Biocombustível Social administrado pelo Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA), a Câmara Setorial da Cadeia Produtiva de Oleaginosas, responsabilidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e o Programa de Desenvolvimento Tecnológico do Biodiesel que pertence ao Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) (PADULA et al., 2012).

O Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) beneficia agricultores familiares que possuem a Declaração de Aptidão ao PRONAF (DAP). Essa declaração possibilita que os agricultores possam usufruir de linhas de crédito e de direitos como suporte técnico, seguros referentes à produção, planos de comercialização dos seus produtos, sendo um deles o PNPB, e benefícios sociais como a aposentadoria rural. Dessa forma, o PNPB foi associado ao PRONAF como um dos instrumentos focados no suporte ao agricultor familiar para que esse tenha condições de fornecer matérias-primas para a produção de biodiesel. Assim, o Programa engloba a criação de instrumentos nas dimensões econômica, tecnológica e social (PADULA et al. 2012).

Para obtenção do SBS, o produtor de biodiesel deve: i) assegurar assistência e capacitação técnica aos agricultores familiares; ii) firmar contratos de aquisição de matéria-prima da agricultura familiar, e também com condições comerciais que garantam os preços estabelecidos no Programa de Garantia de Preços para a Agricultura Familiar, conforme Decreto nº 5.996, de 20 de dezembro de 2006, e os prazos de acordo com a atividade, conforme requisitos do MAPA; iii) adquirir da agricultura familiar a matéria-prima para produção nacional de biodiesel em parcela igual ou superior ao percentual estabelecido pelo MAPA . Outra obrigação do produtor é comprovar a regularidade fiscal junto ao Sistema de Cadastramento Unificado de Fornecedores (SICAF). Ou seja, as exigências para a obtenção da certificação SBS são: i) assinatura de contrato com entidades representativas dos agricultores familiares; ii) assegurar a assistência técnica necessária sem ônus aos agricultores contratados; iii) capacitação de agricultores familiares no cultivo de vegetais oleaginosas e iv) percentuais mínimos para aquisição de matéria-prima do agricultor familiar.

A Figura 14, a seguir, explicita o quanto foi investido pelo setor de biodiesel com assistência técnica e doações (pesquisa, análise de solo, eventos etc.) no SBS entre 2011 e 2020.

Figura 14 - Investimentos com ATER e fomento (doações) pelas empresas produtoras de biodiesel por safra (milhões R\$) entre 2010/2011 e 2019/2020.



Fonte: Elaboração própria a partir de MAPA (2022) e EPE (2021b).

Um importante ponto do SBS para entender os reflexos do PNPB na inclusão das famílias foi determinado pela Instrução Normativa (IN) do MDA nº1 de 2009, primeira publicação das regras do Selo. Essa IN possibilitou que o produtor de biodiesel comprasse matéria-prima não só da região na qual a usina está instalada e que também contabilizasse outros gastos, como com a assistência técnica aos agricultores, junto ao cálculo dos custos mínimos com matérias-primas de outras regiões.

As principais vantagens do SBS para o produtor de biodiesel são: i) diferenciação em relação a tributação do PIS/PASEP e COFINS; ii) assegurar a participação em 80% do biodiesel que eram negociados nos leilões públicos da ANP e posteriormente no modelo de contratação direta (a partir de 1º de janeiro de 2022) de acordo com o art.2º da Resolução CNPE 14, de 9 de Dezembro de 2020; iii) benefícios de políticas públicas específicas destinadas a promoção e/ou produção de combustíveis de caráter renovável com inclusão social e desenvolvimento regional e promoção comercial da sua produção.

Tal benefício de redução de tributação de PIS/COFINS, especificada sobre o biodiesel produzido em Lei nº 11.116/2005 e o decreto nº 10.527, de 22/10/20 (em substituição ao decreto nº 7.768/2012), cita que toda comercialização desse produto tem uma Contribuição para os impostos PIS/Pasep e da COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social):

Art. 3º O coeficiente de redução da Contribuição para o PIS/PASEP e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - COFINS previsto no caput do art. 5º da Lei nº 11.116, de 18 de maio de 2005, fica fixado em 0,7802.
Parágrafo único. Com a utilização do coeficiente de redução determinado no caput, as alíquotas da Contribuição para o PIS/PASEP e da COFINS incidentes sobre a importação e sobre a receita bruta auferida com a venda de biodiesel no mercado interno ficam reduzidas, respectivamente, para R\$ 26,41 (vinte e seis reais e quarenta e um centavos) e R\$ 121,59 (cento e vinte e um reais e cinquenta e nove centavos) por metro cúbico. (Decreto 10.527/2020).

Ou seja, para cada metro cúbico vendido de biodiesel, é necessário a contribuição com R\$ 148,00 m⁻³. Entretanto, caso seja constatado que o biodiesel foi produzido de óleo de soja oriundo do esmagamento de grãos de produtores familiares enquadrados no PRONAF, ele possui também um benefício de redução do coeficiente. Segundo o Decreto 10.527/2020:

Art. 6º Os coeficientes de redução diferenciados da Contribuição para o PIS/PASEP e da COFINS, ficam fixados em:

§1º.....

I - R\$ 22,48 (vinte e dois reais e quarenta e oito centavos) e R\$ 103,51 (cento e três reais e cinquenta e um centavos), respectivamente, por metro cúbico de biodiesel fabricado a partir de mamona ou fruto, caroço ou amêndoa de palma produzidos nas regiões norte e nordeste e no semiárido;

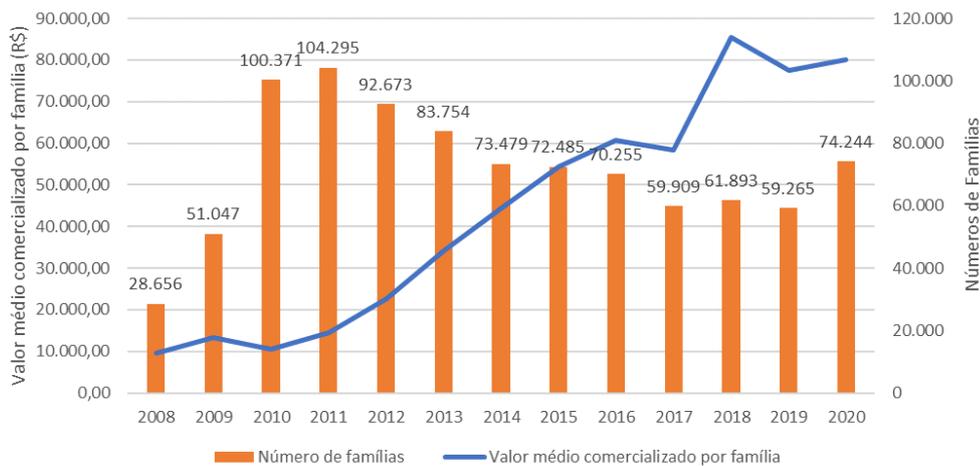
II - R\$ 10,39 (dez reais e trinta e nove centavos) e R\$ 47,85 (quarenta e sete reais e oitenta e cinco centavos), respectivamente, por metro cúbico de biodiesel fabricado a partir de matérias-primas adquiridas de agricultor familiar enquadrado no PRONAF; e.....” (NR) (Decreto 10.527/2020).

Para cada metro cúbico vendido de biodiesel, oriundo do óleo vegetal de soja, esmagado da soja de agricultores familiares, é necessário a contribuição com R\$ 58,24 m⁻³ de PIS/COFINS, podendo chegar a R\$ 0,00 (zero real) se oriundo de biodiesel fabricado a partir de matérias-primas produzidas nas Regiões Norte e Nordeste e no Semiárido adquiridos de agricultores familiares enquadrados no PRONAF, corroborado por Rodrigues (2021).

Visando buscar os melhores meios e arranjos que promovessem o crescimento da agricultura familiar nas diversas regiões, os órgãos responsáveis pelo SBS – que permearam durante o PNPB em instituições como MDA (extinguido e retomado em 2023), Casa Civil e MAPA – emitiram diversos documentos, normativas e portarias. A primeira emitida conforme já mencionado foi a IN nº 01 de 2009, e a última, a Portaria SAF/MAPA nº 280 de 2022.

A Figura 15, a seguir, mostra o número de famílias atendidas pelo PNPB entre 2008 e 2020, e mostra também o valor médio comercializado por família. Nota-se que conforme o valor comercializado aumento, reduziram o número de famílias atendidas.

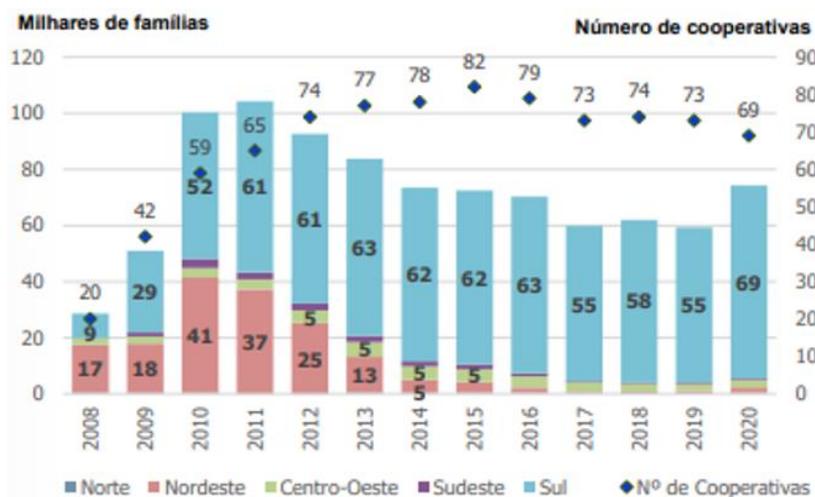
Figura 15 - Evolução do número de famílias inseridas nos arranjos do Selo Biocombustível Social entre 2008 e 2020 e Valor médio comercializado por família.



Fonte: Elaboração própria. MAPA (2021) e EPE (2021b).

Outra característica do SBS é que o produto pode ser adquirido tanto de produtores familiares chamados de “pessoa física”, quanto de cooperativas de agricultura familiar, que possuam em sua estrutura de cooperados produtores com DAP. Além de promover a partir de 2022 (Portaria nº 280/2022) que agentes intermediários como cerealistas pudessem também fazer parte do SBS e vender suas aquisições para produtores de biodiesel. A Figura 16, neste contexto, mostra a evolução de famílias e cooperativas atendidas pelo PNPB até 2020.

Figura 16 - Famílias e cooperativas fornecedoras de matéria-prima inclusas nos arranjos do SBS.



Fonte: EPE (2021b).

É possível identificar que, a partir de 2011, a presença das famílias da Região Sul do país representava mais da metade do total de famílias das cinco regiões, mostrando a grande importância dessa região para o programa, e também pela característica dos agricultores⁶ da região. Em 2017, as famílias do Sul representaram 92% do total, enquanto as famílias nordestinas tiveram participação reduzida no Programa, de 41% em 2010 para 0,81% em 2017 (MUR CASTRO, 2019). Isso mostra um dos questionamentos em relação ao investimento do SBS pelos produtores de biodiesel, pois tanto agricultores do Sul quanto agricultores do Nordeste possuem grande número de famílias com características de produção familiar, mas percebe-se um foco apenas no Sul do país, devido a produção da soja na região.

A Figura 17, evidencia a aquisição da produção da agricultura familiar nos arranjos do SBS 3m 2020, mostrando que grande parte é dependente do mercado de soja, e os valores investidos em matérias primas alternativas.

Figura 2 - Aquisição da produção da agricultura familiar nos arranjos do Selo Biocombustível Social em 2020.



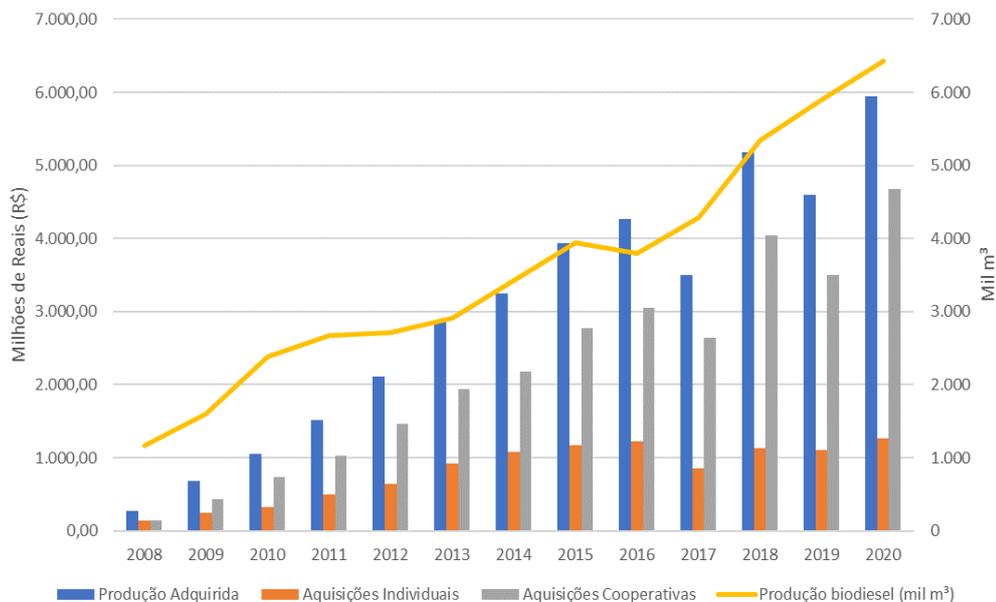
Fonte: Elaboração própria com base em MAPA (2021).

Tal importância se reflete nos valores investidos no decorrer dos anos no programa do SBS, seja de produtores rurais pessoa física, seja de cooperativas, que mostram o quanto a evolução do PNPB e da mistura de biodiesel, caminha lado a lado com esse importante programa de cunho social, e um dos pilares do setor de biodiesel. A Figura 18 retrata a evolução

⁶ Para ser caracterizada como agricultura familiar, a produção deve utilizar mão de obra de sua própria família nas atividades econômicas e a propriedade não pode ser maior que quatro módulos fiscais; a direção do empreendimento agropecuário deve ser realizada por membros da família e uma parte mínima da renda familiar precisa ser gerada pela propriedade rural.

dos valores investidos em produtores individuais e cooperativas, bem como a evolução de produção de biodiesel no período.

Figura 18 - Evolução do valor (milhões R\$) da produção adquirida total, valor da produção adquirida de produtores individuais, valor da produção adquirida de cooperativas nos arranjos do Selo Biocombustível Social, e produção de biodiesel (mil m³).



Fonte: Elaboração própria. MAPA (2021).

4.5. Matérias-primas para a produção de biodiesel no Brasil

Segundo Freire (2019), o Brasil apresenta uma série de vantagens competitivas em relações a outros países, quando se fala em biocombustíveis. A começar pela posição geográfica privilegiada na região tropical, com condições climáticas e ambientais adequadas para atender a produção de oleaginosas em praticamente todas as regiões e ao longo de quase todo o ano. Outra vantagem é a disponibilidade de terras para agricultura, atendendo tanto a produção de alimentos, quanto de energia renovável. Para a produção de biodiesel é importante ter em quantidades disponíveis matérias-primas de baixo custo e de boa qualidade. Ainda hoje, a soja, especialmente por sua escala de produção no Brasil, é a principal matéria-prima quando comparada às outras oleaginosas para a produção de biodiesel, seguida do sebo bovino. As oleaginosas como algodão, girassol, palma (ou dendê) e a canola/colza também participam da produção de biodiesel, porém em pequena escala.

A produção de óleos destas outras oleaginosas (que não a soja) ainda é insuficiente para atender a demanda da produção de biodiesel, por isso instituições de pesquisas vêm

trabalhando no desenvolvimento tecnológico para aumentar o potencial de uso de outras plantas oleaginosas e dar suporte ao aumento da produção de óleo em quantidades suficientes para atender ao programa brasileiro de biodiesel (FREIRE, 2019).

Nesse contexto, a tabela 4 evidencia as vantagens e desvantagens das principais matérias-primas utilizadas no Brasil para produção de biodiesel.

Tabela 4 - Vantagens e desvantagens das principais matérias-primas brasileiras da produção de biodiesel.

Matéria-prima	Vantagens	Desvantagens
Soja	Cultivo consolidado	Teor de óleo (18%)
	Preço competitivo	Expansão ilegal sobre o Cerrado e Amazônia
Algodão	Oferta na entressafra de soja	Teor de óleo (15%)
	Preço competitivo	Uso na indústria de alimentos Necessidade de pré-tratamento
Dendê	Teor de óleo (22%)	Uso na indústria de alimentos, cosméticos e lubrificantes
	Cultivo em áreas degradadas recupera o solo	Associado à disputa e grilagem de terra no Pará
	Matéria-prima da agricultura familiar do semiárido	Expansão ilegal sobre a Amazônia
Óleo residual	Aproveitamento energético de resíduo	Disponibilidade limitada
	Economia circular	Necessidade de pré-tratamento
Sebo bovino	Aproveitamento energético de resíduo	Necessidade de pré-tratamento
	Economia circular	Limitação quanto à temperatura de armazenamento

Fonte: Petry (2020).

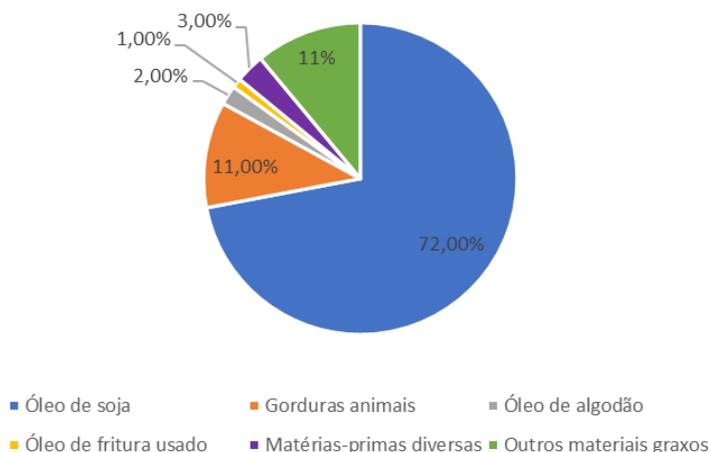
A seleção da matéria-prima também tem um grande impacto sobre o custo da produção industrial de biodiesel via transesterificação em meio alcalino. Geralmente, os custos de conversão, envolvendo álcool, catalisadores e energia, são responsáveis por aproximadamente 10% dos custos de produção em unidades de larga escala. E na década de 1990 que a matéria-prima era prevista como 60-75% do custo da produção de biodiesel, atualmente esse valor pode atingir até 85% do custo final. Portanto, ao mesmo tempo em que revelam grande maturidade tecnológica, estes dados reputam importância estratégica à escolha da matéria-prima, o que depende grandemente do respeito aos arranjos produtivos locais. Em suma, a escolha da matéria-prima não pode ser atrelada a uma decisão meramente política, fato que custou anos de estagnação ao projeto de reintrodução do biodiesel na matriz energética nacional (RAMOS et al., 2017).

A indústria de biodiesel no país possui diversas alternativas de matéria-prima para produção do combustível renovável, onde para escolha do produto a ser usado na produção, sejam resíduos (gorduras animais) ou óleos vegetais, são usados referenciais econômicos, como preço e o padrão de qualidade de cada insumo. Segundo Ramos et al. (2017), os óleos e gorduras são substâncias hidrofóbicas (insolúveis em água) que pertencem à classe química dos lipídeos, podendo ser de origem animal, vegetal ou microbiana. A diferença entre óleos e gorduras reside exclusivamente na sua aparência física.

A competição com o ramo alimentício evidencia o porquê de haver em alguns anos a queda da utilização da soja como matéria-prima para a produção de biodiesel, enquanto o sebo bovino vem ganhando espaço e se tornando uma matéria-prima interessante, pois além da não competição no ramo alimentício, tem excelente aproveitamento quanto a sua transformação em biodiesel (MENEGUETTI et al., 2012).

Dada a trajetória apresentada ao longo dos últimos anos, a tendência é que a soja permaneça por um longo período em destaque entre os insumos usados na produção do biodiesel, embora já se observe outras matérias-primas emergindo neste mercado. Tal como ocorreu com o sebo bovino, acredita-se que a variedade de materiais graxos, entre outros óleos, como o dendê e os óleos residuais, também possa ter destaque no médio prazo. Em face da necessidade de atendimento aos aumentos previstos de mandatórios, verifica-se a necessidade de diversificação do mix de insumos (ANP, 2022d). A Figura 19 retrata o *mix* de uso de matéria-prima para produção de biodiesel no país em 2021.

Figura 19 - Produção de biodiesel por matéria-prima em 2021 no Brasil.



Fonte: Abiove (2023).

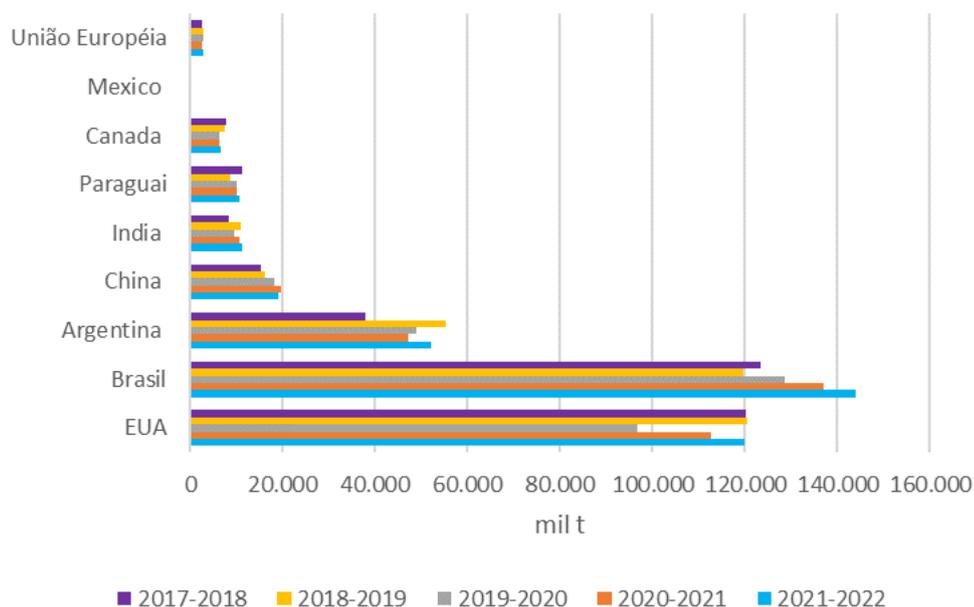
O óleo de soja surgiu como um subproduto do processamento do farelo e rapidamente tornou-se um dos líderes no mercado mundial de óleos vegetais. Assim, dada a grandeza deste agronegócio no Brasil, a soja ofereceu as bases para o desenvolvimento do PNPB (Ramos et al., 2017).

A soja além de ser a principal oleaginosa cultivada no mundo, faz parte do conjunto de atividades agrícolas com maior destaque no mercado mundial. O grande aumento na produção de soja nos últimos anos deve-se a diversos fatores, dentre eles pode-se destacar: i) a soja apresenta elevado teor de proteínas (cerca de 40%) de ótima qualidade, tanto para alimentação animal quanto humana; ii) possui considerável teor de óleo (em torno de 18%), que pode ser utilizados para diversos fins, principalmente associados à alimentação humana e à produção de biodiesel; iii) aumento expressivo da oferta de tecnologias de produção nas últimas décadas, que permitiram a expansão significativa da área e da produtividade da oleaginosa.

A soja é originalmente típica de países temperados, mas já foi "tropicalizada", sendo cultivada em diversas regiões do Brasil (BERMANN, 2007). Seu cultivo totalmente mecanizado favorece a produção em larga escala. Além disso, a soja já está completamente integrada a cadeias produtivas da indústria química (fármacos, alimentos, plásticos). A extração do óleo não compromete esses outros usos e pode ter um efeito positivo na formação de preços. Ademais, a soja é matéria-prima essencial na indústria química e farmacêutica, além de ser fonte de ração animal, por isso é tão visada para a exportação. Na alimentação humana, farinha de soja é empregada na fabricação de pães e doces e na composição de algumas massas. A soja também é usada na composição de cereais prontos para consumo, na carne de soja, em linguiças e em salsichas especiais. Além da farinha, existe o leite, um subproduto da soja e bom substituto do leite convencional, sobretudo no caso de pessoas com sensibilidade à lactose. Há também o granulado de soja, usado como componente de adesivos, espumas, conglomerados e caixas, fibras, alimento de abelhas e até de cerveja e adubo (DOMINGUES, 2016).

O Brasil é hoje o principal produtor mundial de soja e o maior exportador de soja. Em 2018, o Brasil teve uma produção total de 123 milhões de toneladas. Desse total, 83,6 milhões de toneladas foram exportadas na forma de grãos e outras 43,6 milhões de toneladas foram destinadas à indústria para atender à demanda nacional e internacional de farelo, óleo e biodiesel (ABIOVE, 2023). A produção de soja está concentrada, principalmente, em três países. Estados Unidos, Brasil e Argentina, que juntos responderam por quase 82% da soja produzida no mundo na safra de 2022 (Figura 20).

Figura 20 - Principais países produtores de soja em grãos, entre 2018 e 2022.

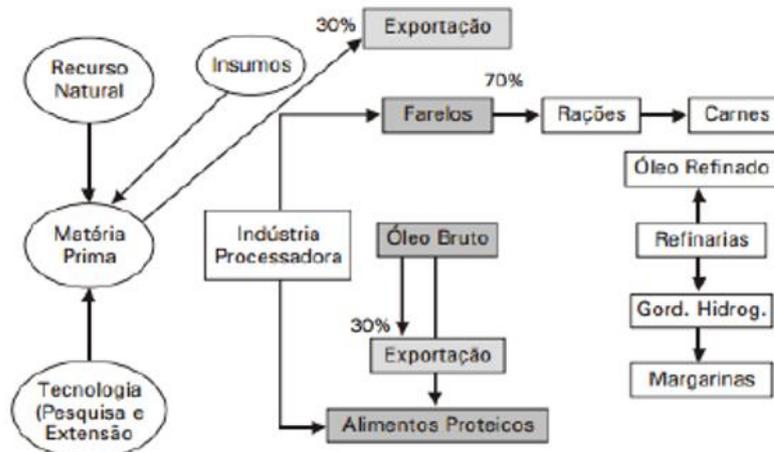


Fonte: Elaboração própria com base em SOPA (2023).

Segundo a CONAB (2023), nesta safra, o Brasil deverá colher 153.633 mil toneladas, 22,4% superior ao da safra de 2022, com uma produtividade média de 3.527 kg/ha, registrando recordes históricos de área de plantio, produtividade e produção. Na safra 2021/2022, a CONAB estimou a produção de soja em grãos para a safra 2021/22 em 125,55 milhões de toneladas.

Segundo Amato (2021) o elo anterior do segmento agroindustrial da cadeia da produção do biodiesel é a indústria de esmagamento da soja. Este segmento extrai, refina e processa derivados do óleo vegetal (óleo bruto, óleo refinado e farelo de soja). Os processos de esmagamento utilizados para extração do óleo são realizados através de processos mecânicos ou por extração com solventes orgânicos. O fluxograma dos itens do agronegócio do mercado da soja (complexo soja) pode ser verificado na Figura 21.

Figura 21 - Fluxograma dos principais itens do agronegócio da soja.

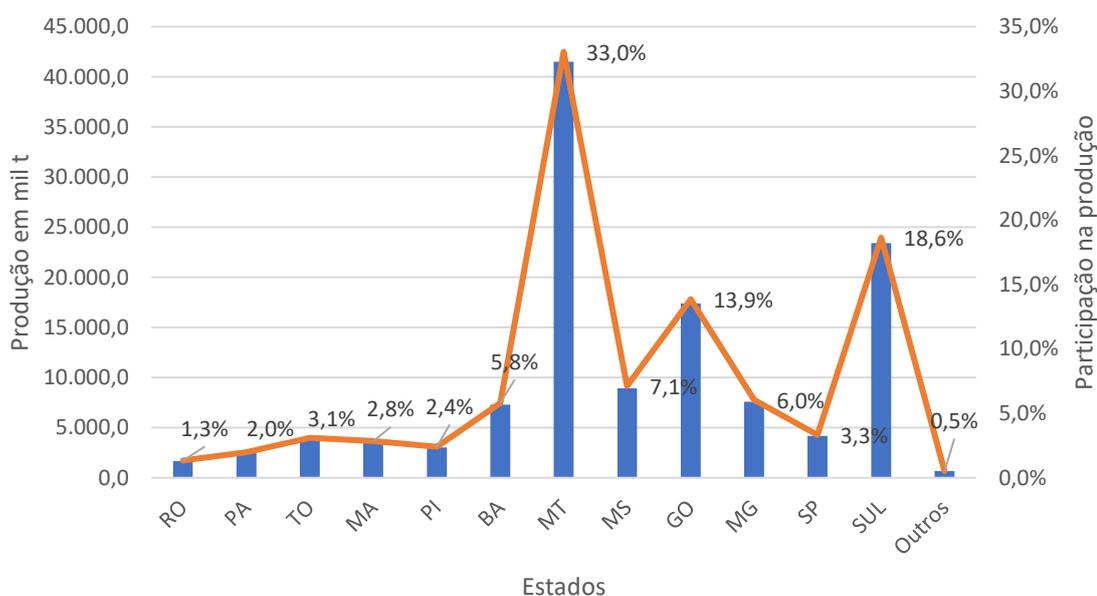


Fonte: Domingues (2016).

O Brasil possui um parque industrial de grande capacidade de esmagamento, de 202 mil t/dia, que dariam uma capacidade de se esmagar 72 milhões de toneladas, ou seja, praticamente metade do que foi produzido em 2022.

A figura 22 evidencia os principais estados produtores de soja, em sinergia com as principais regiões produtoras de biodiesel no Brasil, mostrando a dinâmica das indústrias que agregam valor, estarem próximas a produção da matéria-prima, para redução de custos logísticos.

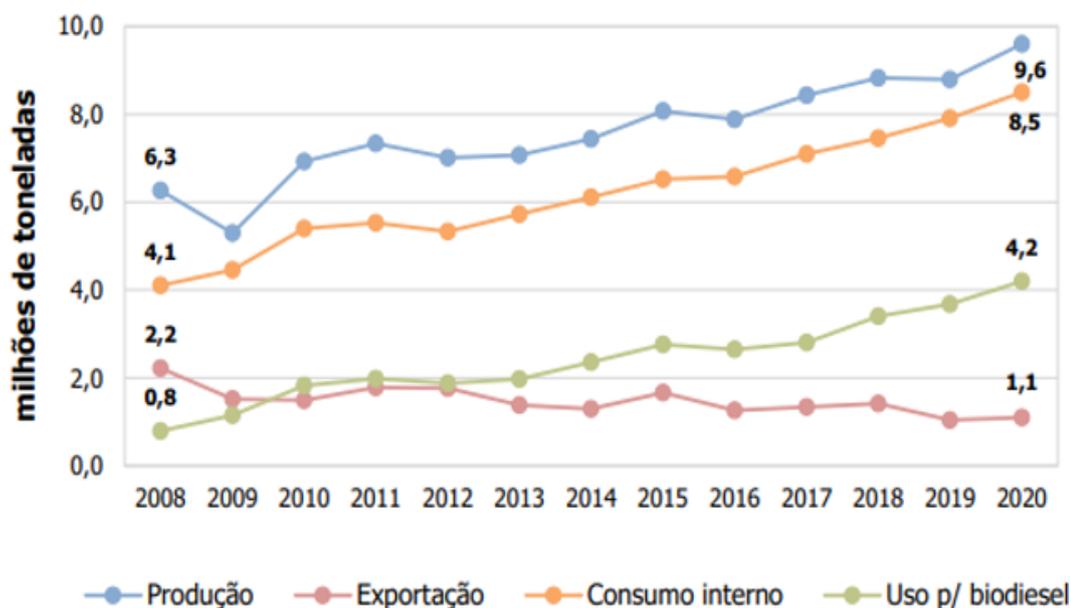
Figura 22 - Participação da produção da soja por estado em 2022.



Fonte: Elaboração própria CONAB (2023).

Ao se analisar o uso de óleo de soja, segundo o EPE (2021b), em 2020, 4,2 milhões de toneladas foram usados pelo setor de biodiesel, o que representa quase 44% da produção total (9,6 milhões de toneladas de óleo de soja) no Brasil. A Figura 23 representa o balanço do uso de óleo de soja no Brasil, evidenciando a evolução da produção, do consumo interno e da produção de biodiesel, valorizando a indústria nacional e reduzindo as exportações.

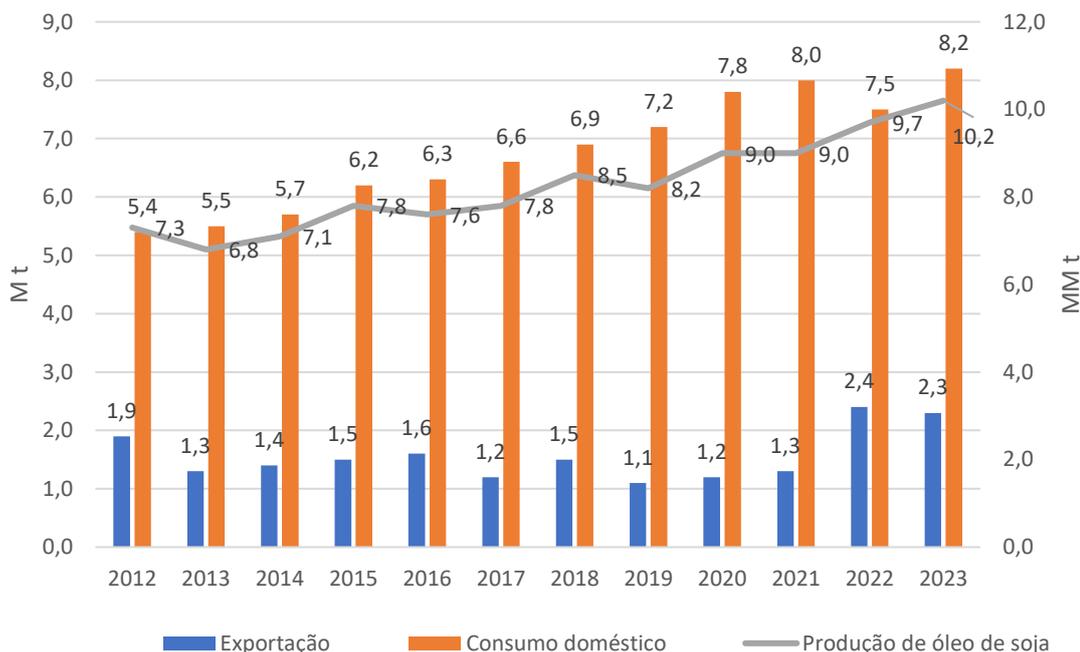
Figura 23 - Balanço do uso de óleo de soja no Brasil.



Fonte: EPE (2021b).

Se for considerado um consumo de diesel de 64,3 Mm³ para 2023, segundo, com o novo mandato B12 em 2023, estima-se uma produção de biodiesel de 7,4 Mm³ de biodiesel. Assumindo uma participação de 72% do óleo de soja na produção total de biodiesel, teríamos a necessidade de 5,1 Mt de óleo contando todo o ano de 2023 (Itaú BBA, 2023a). A Figura 24 reflete a oferta e demanda de óleo de soja no Brasil, mostrando que na projeção de produção e consumo de 2023, teríamos produto suficiente para atender a demanda de biodiesel, mesmo com aumento das exportações.

Figura 24 - Oferta e demanda de óleo de soja no Brasil entre 2012 e 2023.

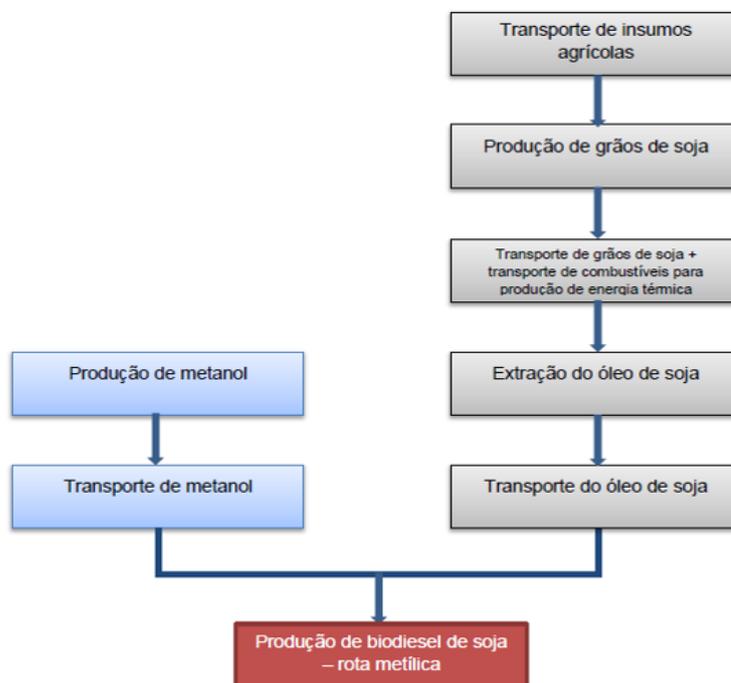


Fonte: Elaboração própria com base em Itaú BBA (2023a).

Em processos em escala industrial, as matérias-primas ricas em óleo são prensadas até um teor residual de óleo da ordem de aproximadamente 20% e o restante extraído por solvente. No processo de extração por prensagem, utilizados em unidades industriais que processam quantidades inferiores a 1.000 toneladas por dia, de cada 1.000 kg de soja são produzidos 808 kg de farelo e 132 kg de óleo bruto (MOURAD, 2008).

Após a extração do óleo bruto, parte das usinas de biodiesel realizam o processo de degomagem. Este processo é necessário pois no óleo bruto os ácidos graxos livres são formas hidrolisadas de gordura e não serão convertidos futuramente em biodiesel no processo de transesterificação (MOURAD, 2008). Em reação metanólica de transesterificação, que o óleo reagiu produzindo 94,47% de rendimento na produção do biodiesel. (GHESTI et al., 2012). A Figura 25 evidencia o fluxo produtivo de biodiesel a partir de óleo de soja, com a rota metflica.

Figura 25 - Representação do sistema de produção de biodiesel de óleo de soja pela rota metílica.



Fonte: Garcilasso (2014) e CENBIO (2013).

A qualidade do óleo de soja degomado é um fator preponderante na produção de biocombustíveis. Por ser uma *commoditie*, possui um padrão internacional de fornecimento. O padrão de qualidade usado no mercado brasileiro, e também de referência internacional é o padrão ANEC (Associação Nacional dos Exportadores de Cereais). A ANEC tem o propósito de promover as atividades relacionadas a grãos e cereais, e por isso determina o padrão nacional e internacional de grãos e seus subprodutos de processamento. No caso do óleo de soja degomado o padrão utilizado é o *ANEC 81 -Brazilian Degummed Soybean Oil*, conforme explicita a Tabela 5.

Tabela 5 - Especificações contratuais da ANEC 81, para óleo de soja degomado.

Característica do óleo	Máximo permitido	Referência
Ácidos graxos livre (em ácido oleico - %)	1,00%	(AOCS Ca 5a-40)
Umidade e materiais voláteis	0,20%	(AOCS Ca 2c-25)
Impurezas	0,10%	(AOCS Ca 3a-46)
Lecitina (expresso em fósforo)	0,02%	(AOCS Ca 12-55)
Matéria insaponificável	1,50%	(AOCS Ca 6a-40)
Ponto de fulgor < 121°C	Óleo rejeitado	(AOCS Cc 9c-95)

Fonte: Miranda (2018).

Segundo Domingues (2016), como o mercado mundial de biocombustíveis está em expansão, há necessidade de pesquisas acerca de matérias-primas que viabilizem a produção em grande escala. Faltam domínio tecnológico e infraestrutura logística. É necessário rever a utilização do grão de soja como base para o mercado de produção do biodiesel, uso que restringe a viabilidade de outras matérias-primas existentes. A soja e sua expansão são estimuladas com a inserção de novas técnicas de plantio que envolvem a "agricultura de precisão", pois há demanda de espaços cada vez maiores para os cultivos. Tal fator amplia ainda mais a concentração fundiária e promove crescimento dos latifúndios já existentes (com expansão dos plantios para novas áreas da fronteira agrícola brasileira), redução de empregos no campo e comprometimento da segurança alimentar da população e a capacidade de produção de alimentos tradicionais. Assim, os impactos sociais são evidentes, à medida que se observa o deslocamento de populações para as cidades. As grandes empresas, portanto, passam a ocupar espaços no campo antes utilizados por culturas familiares diversificadas.

Segundo Esteves et al. (2017) além da grande produção de grãos, representando 42,5% da produção nacional safra 2014-15, o Centro-Oeste brasileiro também possui o maior rebanho bovino do país, com 71 milhões de cabeças, o que representou 33,5% do total nacional e 37,5% de abate (12,7 milhões de cabeças abatidas). No mesmo período, enquanto no Brasil áreas de pastagem cresceram 4% no país, no Centro-Oeste houve redução de 7%. Isso pode ser explicado pela cultura expansão agrícola e florestal em áreas de pastagens semeadas. Números mais atualizados da StoneX (2023) mostram que, em 2022, o Brasil já atingiu quase 30 milhões de cabeças abatidas, quase três vezes o valor verificado em 2015.

Segundo Garcilasso (2014), a bovinocultura de corte é desenvolvida em todos os Estados e ecossistemas do Brasil, com grande variabilidade, expressa na densidade dos bovinos nas diferentes regiões, nas taxas de crescimento dos rebanhos e nos sistemas de produção praticados. Estes desenvolvem as fases de cria, recria e engorda, de forma isolada ou em combinação, e utilizam pastagens nativas e cultivadas, associadas ou não à suplementação alimentar em pastagem e em confinamento. Independente do grau de intensidade tecnológica, os sistemas de produção de gado de corte no país são fundamentais alicerçados na utilização de pastagens. Entretanto, sistemas mais intensivos, sejam por meio de suplementação alimentar em regime de pasto ou pelo uso de confinamento, tem se tornado cada vez mais importante nas regiões Centro-Oeste e Sudeste. Em 2012, quase 53% do rebanho esteve concentrado nas regiões Centro-Oeste (34,26%) e Sudeste (18,56%).

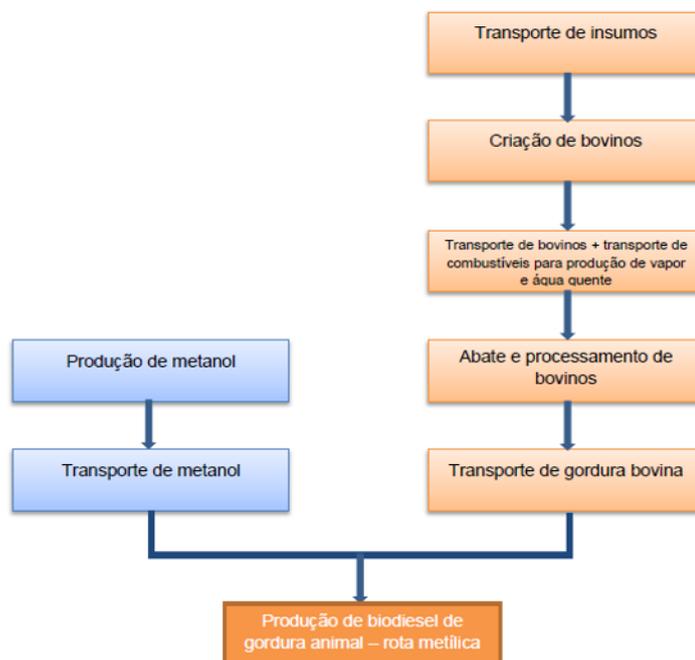
Segundo Garcilasso (2014), o subsistema de criação de bovinos baseia-se na pecuária extensiva, a qual pressupõe a mínima intervenção sobre o meio. Mesmo assim, estão compreendidas as atividades de correção da acidez do solo, aplicação de fertilizantes, uso de maquinários agrícolas, bem como as emissões de gases de efeito estufa resultantes do sistema digestivo e de dejetos dos animais. O subsistema de abate e processamento de bovinos abrange, inicialmente, o transporte, preparação e processamento dos animais. Além de incluir o lançamento dos efluentes líquidos restantes após o tratamento das águas residuárias do abatedouro. Conforme já mencionado a maioria dos estudos que detalham o ciclo de vida de bovinos possuem outros objetivos, do que relacionar essas análises com a produção de gordura animal para a produção de biodiesel. A partir disso, é defendida a tese que, a gordura animal só possui função e mercado, uma vez que há a produção bovina para outros fins com apelo econômico. Assim, como a gordura é um coproduto do abatedouro, alguns estudos de ACV indicam que não deveria ser atribuída cargas de impacto ambiental da criação bovina e da etapa de abate para esse material.

Segundo a Associação Brasileira de Reciclagem Animal – ABRA (2020) a reciclagem animal é uma atividade realizada em todo o mundo, indispensável para a sustentabilidade da cadeia produtiva de proteína animal. Além de fornecer ganhos econômicos, essa atividade gera benefícios ambientais, pois evita que os resíduos oriundos do abate dos animais sejam destinados incorretamente, como por exemplo na incineração ou simplesmente com o descarte em lixões e/ou aterros. Ao realizar o recolhimento e a destinação correta dos resíduos das indústrias, o setor da reciclagem animal produz ingredientes que são utilizados por diversos setores: alimentação animal, rações para pets, agricultura, setor petroquímico, saboaria, indústria farmacêutica, construção civil, indústria de beleza, indústria automotiva e indústria esportiva.

Segundo Esteves et al. (2017), o sebo é um subproduto do processo de abate do gado, juntamente com peles, sangue, ossos e vísceras. O uso de gordura animal pode evitar o descarte inadequado, sem tratamento, em corpos d'água. O sebo bovino é uma matéria-prima de baixo valor que, se convertido em biodiesel, oferece uma ampla gama de benefícios energéticos, ambientais, e vantagens econômicas. Antes do surgimento da demanda de sebo por biodiesel, era frequentemente incinerado ou descartado em aterros sanitários. Uso integrado de resíduos industriais é agora incentivado, para reduzir impactos dos frigoríficos. Como o sebo é um subproduto da indústria alimentícia, os combustíveis dessa matéria-prima apresentam menor custos de produção quando comparado a outros biocombustíveis. Eles podem ser produzidos

tanto no frigorífico, quanto em indústria especializadas de reciclagem animal, chamadas de graxarias. Segundo Bueno et al. (2012), o rendimento médio de gordura (sebo) por animal abatido é de 23 kg/cabeça, podendo variar conforme empresa de abate ou graxaria. A Figura 26 explicita a rota produtiva de um produtor de biodiesel que utiliza gordura animal em seu arranjo produtivo.

Figura 26 - Representação do sistema de produto de biodiesel de gordura animal pela rota metilica.



Fonte: Garcilasso (2014) e CENBIO (2013).

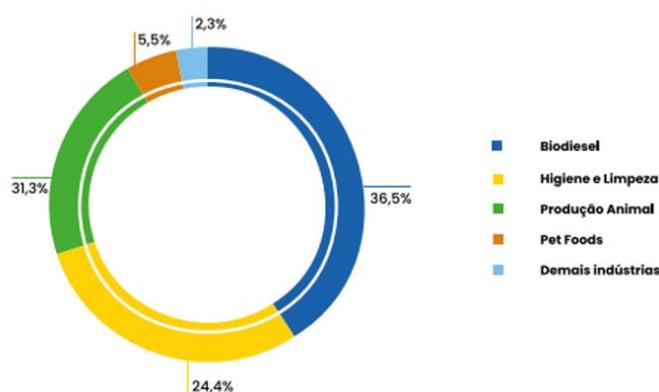
O sebo bovino, quanto ao rendimento, com utilização de 20% de metanol e 2% de catalisação básica com transesterificação, a conversão de ésteres chegou a atingir 95 a 97%. Outra metodologia de produção indicou um rendimento médio de 90% quando o catalisador foi um ácido. Quando utilizamos uma tecnologia com produção enzimática, rendimentos na transesterificação do sebo bovino podem variar de 93 a 99%. Consultorias especializadas no ramo pecuário, também avaliam o rendimento entre 89% e 94% na produção do biodiesel (PÊGO e REGINATO, 2011).

Segundo ABRA (2022), em 2020, mais de 13 milhões de toneladas de resíduo de abate foram reciclados, para produção de mais de 5,6 milhões de toneladas de farinhas e gorduras de origem animal. Deste montante, em 2020 foram produzidos mais de 1,3 milhões de toneladas de sebo bovino, 152 mil toneladas de gordura suína e 497 mil toneladas de gordura de aves, mostrando a importância desse mercado para substituição do óleo de soja na produção de

biodiesel. A quantidade de sebo bovino na produção de biodiesel no Brasil varia de 13% a 15% ao longo do ano; atingindo, conforme denotam os dados da Figura 42, 36,5% de toda produção de sebo no país com destinação para produção de biodiesel. Em 2021, a participação média chegou a ser de, aproximadamente, 13%, maior percentual dentre os outros tipos de gordura animal, como as de frango e de porco, que representaram cerca de 1 a 2%, respectivamente. A produção do setor está diretamente relacionada ao movimento de abate de animais no Brasil. O que dificulta que esta gordura animal ganhe ainda mais relevância na produção do biocombustível é o acompanhamento que a produção do setor tem em relação ao número de abate. Em relação às projeções e expectativas para o uso do sebo bovino na produção de biodiesel para os próximos anos, se prevê um aumento gradual da produção dessa matéria-prima e de uso na mistura do diesel, tendo em vista o tamanho expressivo do rebanho bovino brasileiro (Freire, 2022). A Figura 27 mostra a participação do mercado de biodiesel no consumo de gordura de origem animal.

Um fator a ser citado sobre a utilização de sebo para biodiesel é que a utilização desses produtos residuais, as chamadas gorduras animais, tem um limitante na legislação de produção do biocombustível (Resolução ANP n° 45, de 25 de agosto de 2014 e atualizada pela Resolução n° 920 de 04 de abril de 2023), que é o CFPP (*cold filter plugging point*, ou ponto de entupimento a frio). Entretanto, respeitando-se esses limites, podemos verificar o benefício que a utilização desses resíduos pode trazer em seu potencial máximo no programa RenovaBio.

Figura 27 - Mercado consumidor de gorduras de origem animal em 2020.



Fonte: ABRA (2020).

Segundo Gouveia (2017), o ponto de entupimento do filtro a frio (CFPP) é definido como a menor temperatura na qual um determinado volume de biodiesel puro (B100) ainda passa por um filtro padronizado em 60 segundos. Ponto de névoa ou *Cloud point* (CP) refere-

se à temperatura mais baixa na qual a formação de cristais no biodiesel pode ser observada como uma suspensão turva. Cada país pode determinar o CFPP e o CP de acordo com as condições meteorológicas e as estações do ano. No Brasil, a faixa máxima de temperatura é de 0°C a 19°C. Essas propriedades dependem principalmente do teor de *Saturated Fatty Acids* (SFA), e altos níveis desses ácidos elevam a temperatura de congelamento e exibem altos CFPP e CP, levando à solidificação do biocombustível, tornando-o mais adequado para uso em regiões de clima mais quente. A ANP definiu o CFPP que deve ser considerado para a produção de biodiesel conforme Resolução ANP n° 920/2023, evidenciado na Tabela 6.

Tabela 6 - Ponto de entupimento a frio (CFPP) conforme Resolução de biodiesel da ANP n° 920, de 04 de abril de 2023.

Regiões/ UFs	Limite máximo, °C											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Norte	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Nordeste	19	19	19	19	16	16	16	16	19	19	19	19
DF/GO - MT - ES - RJ	16	16	16	14	10	10	10	10	10	14	14	16
SP - MG - MS	14	14	14	12	6	5	5	5	6	12	14	14
Sul	14	14	12	10	5	3	0	3	5	10	12	14

Fonte: Resolução ANP n° 920, de 02 de abril de 2023.

Outro fator a ser citado para o sebo bovino é sua tributação diferenciada em relação a outras matérias-primas, que segundo ao artigo 34, da Lei 12.058/2009:

Art. 34. A pessoa jurídica tributada com base no lucro real que adquirir para industrialização produtos cuja comercialização seja fomentada com as alíquotas zero da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins previstas nas alíneas a e c do inciso XIX do art. 1o da Lei no 10.925, de 23 de julho de 2004, poderá descontar das referidas contribuições, devidas em cada período de apuração, crédito presumido determinado mediante a aplicação sobre o valor das aquisições de percentual correspondente a 40% (quarenta por cento) das alíquotas previstas no caput do art. 2° da Lei no 10.637, de 30 de dezembro de 2002, e no caput do art. 2° da Lei no 10.833, de 29 de dezembro de 2003. A empresa quando tributada de lucro real, que adquiri para industrialização ou para revenda mercadorias com a suspensão da contribuição ao PIS/Pasep e da Cofins classificadas nas posições: 1502.00.1 (Sebo Bovino).

França e Dalchiavon (2017) reforçam que o produtor de biodiesel ao utilizar sebo bovino, poderá descontar do débito de PIS/Pasep e da Cofins, devidas em cada período de apuração, através de crédito presumido, determinado mediante a aplicação, sobre o valor das aquisições, de percentual correspondente a 40% (quarenta por cento) das alíquotas não cumulativas. Portanto, o crédito a ser calculado correlaciona-se aos seguintes percentuais: PIS (0,66%) e Cofins (3,04%). Isso foi determinante para a base de cálculo de precificação do sebo bovino para a produção de biodiesel.

O mercado de sebo buscou uma padronização através da necessidade de cada mercado (seja para biodiesel, seja para mercado de higiene) e de cada localidade, pois possui um impacto na matéria-prima para produzir a gordura animal. A tabela 7, a seguir, exemplifica um dos padrões de qualidade aceitos para o sebo bovino na indústria de biodiesel.

Tabela 7 - Padrão de qualidade do sebo bovino, no Estado de São Paulo, para o mercado de biodiesel.

Característica	Método	Limite
Ácidos Graxos Livre, expresso como oléico (%)	AOCS Ca5a-40	Máx. 3,5
Umidade e Material Volátil (%)	AOCS Ca2c-25	Máx. 1,0
Sabão (ppm)	AOCS Cc17-95	Máx. 300
Impurezas (%)	AOCS Ca 3d-02	Máx. 0,7
Teor de Glicerol (%)	Titulação Iodométrica	Máx. 0,02
Aspecto a 35° C: Límpido, visivelmente isento de impurezas, com coloração esbranquiçada a castanho e com odor característico.		

Fonte: França e Dalchiavon (2017).

A evidência de não existir um mercado organizado para a comercialização do sebo bovino pode ser um fator limitante para a regularidade e expansão da oferta deste produto, principalmente ao considerar que este pode representar até 85% dos custos de produção do biodiesel. A falta de um mercado organizado traz problemas referentes às oscilações do preço deste produto, bem como sobre a qualidade da matéria prima, constituindo-se um ponto relevante, visto que um material de má qualidade pode implicar na geração de custos adicionais aos produtores de biodiesel, pela necessidade de tratamento do sebo e purificação dos resíduos pelas usinas. A maior consequência do problema referido é a geração de um combustível de má

qualidade, com resultados potencialmente prejudiciais aos motores pelas especificidades físico-químicas da matéria-prima (LEVY, 2011).

4.6. Programa RenovaBio

Políticas que se baseiam na redução de emissões devem apresentar impacto no consumo agregado e nas fontes de energia, precificar as emissões de carbono pode encarecer a energia, resultando em redução na demanda total. Dessa forma, ganhos de eficiência na produção de energia de baixo carbono são importantes para viabilizar a redução das emissões (VANDYCK et al., 2016).

Segundo BOTTINI (2022) a precificação do carbono, que consiste na atribuição de custos diretos aos emissores de gases de efeito estufa (GEE), tem sido um elemento central no uso de incentivos econômicos para combater as mudanças climáticas. Uma das ferramentas para a precificação do carbono é o mecanismo de mercado *cap-and-trade*. Um limite de emissões é estabelecido para os agentes econômicos: o agente abaixo do limite gera créditos de carbono e o superior compra esses créditos para compensar suas emissões excessivas. Em média, o limite deve ser observado para que a meta de mitigação seja atingida.

Historicamente, o governo brasileiro tem buscado diferentes programas que incentivem e estimulem o uso dos combustíveis renováveis. Um destes programas foi o RenovaBio, criado pelo Governo Federal para estimular a produção de biocombustíveis no país, através de um processo de certificação de produção e geração de certificados (os C BIO's) a serem comercializados em bolsa de comercialização de mercadorias (B3) (ANP, 2022a).

Segundo BOTTINI (2022) o RenovaBio, a Política Nacional de Biocombustíveis do Brasil, opera como um sistema de mercado *cap-and-trade* desde meados de 2020. É o primeiro mercado doméstico de carbono regulamentado do Brasil. Por mais simples que seja a ideia de *cap-and-trade*, existem desafios fundamentais de implementação para a credibilidade e consolidação do Programa RenovaBio como instrumento de política de mitigação.

Roitman (2019) explicou que o mecanismo de funcionamento do RenovaBio é inovador no Brasil, mas ele teve como fonte de inspiração diversas iniciativas internacionais que estão em vigor há mais de oito anos, entre elas o *Renewable Fuel Standard* (RFS), dos Estados Unidos, o *Low Carbon Fuel Standard* (LCFS), da Califórnia, e o *Renewable Energy Directive* (RED), da União Europeia.

O *Renewable Fuel Standard (RFS)*, que abrange a totalidade dos Estados Unidos, criado em 2005, foi um programa federal com metas anuais crescentes de volumes de combustíveis renováveis a serem misturados em derivados de petróleo, que tinha o objetivo de longo prazo atingir um volume de 36 bilhões de galões (cerca de 136 bilhões de litros) de combustíveis renováveis em 2022. Os agentes com obrigações no âmbito do programa são as refinarias e importadores de gasolina ou óleo diesel, pois são os responsáveis por efetuar as misturas de combustíveis e biocombustíveis. Cada categoria de combustível renovável é classificada de acordo com o processo produtivo e a quantidade de GEE emitida no seu ciclo de vida, em relação ao combustível derivado do petróleo que é substituído, sendo quatro as categorias: i) diesel obtido de biomassa (biodiesel ou HVO – Óleo Vegetal Hidrotratado), com redução das emissões em, pelo menos, 50%; ii) biocombustíveis celulósicos (etanol ou biodiesel celulósico), com redução das emissões em, pelo menos, 60%; iii) biocombustíveis avançados (o etanol de cana de açúcar é um exemplo), com redução das emissões em, no mínimo, 50%; e iv) renováveis ou convencionais (como o etanol de milho), em que a redução das emissões é de, pelo menos, 20%. No modelo do RFS, o agente com obrigação tem a premissa de ou adquirir a matéria-prima fisicamente para cumprimento do programa, ou adquirir o RIN (*Renewable Identification Number*), que são créditos usados para cumprimento e são a “moeda” do programa (EPA, 2023).

Já o *Low Carbon Fuel Standard (LCFS)* que é usado apenas na Califórnia como uma iniciativa própria, criada em 2009, voltada para a redução das emissões de GEE do setor de transportes. O mecanismo de funcionamento do LCFS é conhecido como “*cap-and-trade*”, no qual define-se um limite máximo para as emissões totais da matriz de combustíveis e cria-se um sistema de comércio de créditos. Os combustíveis com intensidade de carbono abaixo do padrão de referência geram créditos, enquanto aqueles com intensidade acima do padrão geram débitos. O programa da Califórnia permite, então, que o próprio mercado determine quais os biocombustíveis e quanto de cada um será utilizado para alcançar as reduções definidas para a intensidade de carbono. As partes obrigadas (refinarias e importadores de combustíveis fósseis) devem obter créditos em quantidades iguais aos débitos gerados. Os créditos podem ser obtidos por meio da mistura de biocombustíveis aos derivados fósseis ou da aquisição de créditos. O programa permite, ainda, que refinarias e produtores de petróleo gerem créditos com a implementação de projetos que reduzam a intensidade de carbono de combustíveis fósseis nestas instalações.

No Brasil, o Programa RenovaBio é uma política de âmbito nacional de biocombustíveis, instaurada pela Lei nº 13.576 de 26 de Dezembro de 2017, com regulamentações adicionais através do Decreto nº 9.888 de 27 de junho de 2019 na qual dispõe sobre a definição das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa além de instituir o Comitê da Política Nacional de Biocombustíveis – Comitê RenovaBio e posteriormente alterada pelo Decreto nº 9.964, de 8 de Agosto de 2019. O programa estabelece metas e objetivos para cumprir os compromissos firmados pelo Acordo de Paris por intermédio das *Nationally Determined Contributions* (NDCs). As diretrizes principais do RenovaBio são: i) contribuir para o cumprimento das metas apresentadas pelo Brasil no Acordo de Paris; ii) promoção e expansão da utilização dos biocombustíveis na matriz elétrica, com regulação específica; iii) redução das emissões de GEE e indução da eficiência energética com comercialização e uso de biocombustíveis.

Segundo Amato (2021) o detalhamento e desdobramento dessas metas alterou parte das políticas brasileiras já existentes ou foram criadas políticas em decorrência das metas estipuladas no COP21. Os resultados das políticas ambientais do Brasil e suas alterações foram apresentadas na COP 23 junto com o anúncio do novo Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg), que tem como intuito restaurar 12 milhões de hectares de vegetação nativa até 2030, conforme descrito na contribuição nacional durante o Acordo de Paris. Além do Planaveg, também foi criado o projeto que seria a base para instituir a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) que na época ainda não tinha sido aprovado pela Câmara. As políticas públicas que hoje estão norteando as ações brasileiras para o alcance da meta são: i) código Florestal e seus decorrentes: CAR - Certificado Ambiental Rural e PRA; ii) Planaveg para o setor florestal e de mudança do uso da terra; iii) Plano ABC para o setor agropecuária; e iv) RenovaBio para o setor de biocombustíveis (MARCOVITCH et al., 2019).

O Brasil ainda é dependente em sua matriz, de importação de combustíveis, como o diesel, segundo Ministério de Minas e Energia – MME (2021a), e o Programa RenovaBio é um incentivo a diversificação da matriz energética de combustíveis, com isso reduzindo o impacto tanto na balança comercial, quanto incentivando um produto de fonte de energia renovável, consequentemente reduzindo impacto de emissões.

Os três principais eixos de atuação do RenovaBio são: i) metas de descarbonização; ii) crédito de descarbonização (CBIO) que é um instrumento adotado pelo RenovaBio como ferramenta para o atingimento desta meta. O crédito será emitido por produtores e importadores de biocombustíveis, devidamente certificados pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural

e Biocombustíveis – ANP, com base em suas notas fiscais de compra e venda. Cada CBIO corresponde a uma tonelada de CO₂ não emitido. Este crédito não terá data de vencimento e será retirado de circulação apenas quando for solicitada sua aposentadoria. Com a alteração feita pelo Decreto nº 10.102 de 6 de Novembro de 2019, o MME se torna o responsável pela emissão, o vencimento, a distribuição, a intermediação, a custódia, a negociação e os demais aspectos relacionados aos Créditos de Descarbonização, conforme colocado no Art. 17 da Lei 13.576; iii) Certificação da Produção de Biocombustíveis: as metas nacionais de descarbonização foram estipuladas, inicialmente, pelo CNPE por meio da Resolução CNPE nº 15, de 24 de junho de 2019 e foram definidas para o período de 2019 até 2029, porém, devido aos efeitos da pandemia de COVID-19 (razões alegadas pelo governo brasileiro) foram alteradas pela Resolução CNPE nº 8, de 18 agosto de 2020, para o período de 2020 até 2030, nos termos da Resolução ANP nº 791/2019, de 12 de junho de 2019. Ficaram estipuladas, desta forma, as metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis e os respectivos intervalos de tolerância, estabelecidas em unidades de milhões de Créditos de Descarbonização (CBIO's).

Um dos instrumentos do RenovaBio é estabelecer metas anuais de descarbonização ao setor de combustíveis, no caso o setor de distribuição, para que se possa incentivar o aumento da participação de biocombustíveis na matriz energética nacional, no setor de transportes. Com isso os distribuidores de combustíveis fósseis (gasolina e óleo diesel) são as partes obrigadas ao cumprimento de metas individuais no RenovaBio e o cumprimento de suas metas se dá pela quantidade de Créditos de Descarbonização (CBIO) por eles aposentados (ANP, 2021).

Segundo Bellodi (2019), as metas individuais serão medidas por unidades de Créditos de Descarbonização (CBIO's), que será feito proporcionalmente à emissão de gases de efeito estufa dos combustíveis fósseis comercializados pelo distribuidor no ano anterior. A multa a ser aplicada pela ANP às distribuidoras de combustíveis em caso de descumprimento da meta representará o valor correspondente à unidades de CBIO's que faltaram para o atingimento da meta – desde que não ultrapasse o valor máximo de 50 milhões de reais. Mas caso a vantagem financeira da distribuidora ao não comprar os CBIO's seja maior do que o valor da multa máxima a ser aplicada, aí a ANP poderá suspender as atividades do distribuidor.

De um lado, produtores de biocombustíveis, quantificam e certificam a redução de emissões do ciclo de vida de seus biocombustíveis em relação ao combustível fóssil que substituem, a cada tonelada de emissões evitadas, o produtor tem direito a um CBIO. Na outra ponta, estão os distribuidores de combustíveis, que são obrigados a comprar CBIO's em acordo

com suas metas anuais, determinadas legalmente. A meta é atribuída aos distribuidores em acordo com as suas vendas de combustíveis fósseis no ano anterior. Assim, quanto mais combustível fóssil um distribuidor vender (em comparação com o total de fósseis vendido no mercado), maior será sua obrigação de compra de CBIO's no ano seguinte. A compra e venda de CBIO's se dá em ambiente de mercado regulado, de forma que as transações protegem a identidade de comprador e vendedor (SANTANDER, 2021).

Por sua vez, os produtores e importadores de biocombustível participam voluntariamente do RenovaBio por meio do Certificado da Produção Eficiente de Biocombustíveis, que é um documento emitido exclusivamente por firma inspetora como resultado do processo de Certificação de Biocombustíveis, ambos regulamentados (certificado e firma inspetora) pela Resolução MME nº 758, de 23 de novembro de 2018, com validade de 3 anos.

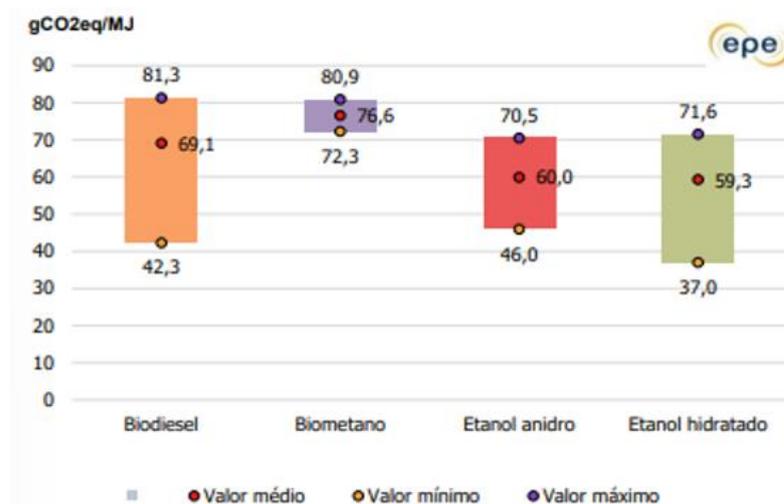
Por meio da certificação da produção de biocombustíveis serão atribuídas para cada produtor de biocombustível e/ou importador desse produto, uma nota (Nota de Eficiência Energético-Ambiental), em valor inversamente proporcional à intensidade de carbono do biocombustível produzido (a ser explicado mais adiante). Essa nota é calculada através de uma ferramenta desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Meio Ambiente e que funciona como uma calculadora para a comprovação do desempenho ambiental da produção de biocombustíveis pelas usinas produtoras de etanol e biodiesel – a Renovacalc – onde estas deverão detalhar aspectos agrícolas e industriais de seus processos produtivos que resultam na emissão de carbono, relacionando eficiência energética e emissão de gases de efeito estufa, com base em ACV (Avaliação do Ciclo de Vida), e estabelecendo as diretrizes para sua certificação (ANP, 2022b).

A emissão total é comparada com a do combustível fóssil equivalente (a gasolina, no caso do etanol, ou o diesel, para o biodiesel) resultando em uma nota final, caracterizando a mitigação das emissões. Essa nota se transforma em um fator multiplicador no momento da emissão dos Créditos de Descarbonização (CBIO's) negociados em bolsa de valores e que funcionarão como um novo produto para as companhias. Essa nota refletirá exatamente a contribuição individual de cada agente produtor na mitigação de uma quantidade específica de gases de efeito estufa, em relação ao seu substituto fóssil (em termos de toneladas de CO₂ equivalente).

Segundo Petry (2020), os CBIO's estão relacionados à eficiência energética e ambiental do biocombustível, medida em Intensidade de Carbono (gCO₂eq. MJ⁻¹) em relação

ao seu equivalente fóssil: considerando emissões ao longo do ciclo de vida do produto, desde a fase agrícola de obtenção da matéria-prima até a industrial, que envolve a produção do biocombustível. Essa avaliação estimula os produtores a implementarem processos cada vez mais avançados e emissões do ciclo de vida do biodiesel considerando as mudanças indiretas do uso solo. Como foi citado, o biodiesel tende a aumentar as pressões para cultivo de oleaginosas e, retoma nesse atual cenário, a antiga, porém relevante, preocupação com a competição por terras e impactos no solo. As emissões relacionadas a mudança indireta do uso solo não são consideradas nessa primeira fase do RenovaBio. Além disso, o RenovaBio atribui carga ambiental zero para a fase agrícola de biocombustíveis que utilizam resíduos como matéria-prima e esse fato tende a estimular a participação do sebo bovino. A Figura 28 evidencia os valores máximos, médios e mínimo das Notas de Eficiência Energético-Ambiental das unidades certificadas até 2021 no Brasil.

Figura 28 - Nota de Eficiência Energético-Ambiental (NEEA) das unidades certificadas até 2021.



Fonte: EPE (2021b).

Os produtores de biocombustíveis que desejem aderir ao Programa, deverão contratar firmas inspetoras credenciadas na Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) para realização da Certificação de Biocombustível e validação da Nota de Eficiência Energético-Ambiental e do volume elegível, sendo que esse certificado terá uma validade de três anos, sendo necessário sua renovação. Tal certificação responde a Resolução MME nº 758, de 23 de novembro de 2018. Para o produtor de biocombustível ser participante desse Programa, a certificação leva em conta a origem da biomassa energética matéria-prima

do biocombustível, onde no caso de biomassa produzida em território nacional somente pode ser considerada a produzida em imóvel com Cadastro Ambiental Rural (CAR) ativo ou pendente, e não pode ter ocorrido supressão de vegetação nativa a partir dos marcos legais do RenovaBio (27 de novembro de 2018). Tornando assim o volume produzido pela indústria, um volume elegível (ANP, 2022a). Uma vez certificados, os produtores de biocombustíveis gerarão lastro para emissão primária de CBIO's, como verificado na Resolução ANP n° 802, de 5 de dezembro de 2019, utilizando-se das notas fiscais de comercialização de biocombustíveis para emissão de tal lastro e CBIO.

Segundo BOTTINI (2022) um CBIO é um crédito de descarbonização que corresponde a uma tonelada de emissões de CO₂ evitadas. Duas medidas principais usadas no processo de certificação CBIO podem ser usadas para avaliar possíveis falhas no esquema. Eles consistem nas entradas da calculadora que determinar o Grau de Eficiência Energética Ambiental (NEEA), e outros que determinar a fração de elegibilidade (E%). O objetivo do RenovaBio é reduzir a intensidade de emissão de GEE dos combustíveis líquidos queimados nacionalmente em 11,4% em uma década, passando de 73,57 gCO₂c/MJ em 2020 para 66,04 gCO₂e/MJ em 2030.

O mercado de CBIO, por sua vez, é regulamentado pela Portaria MME 419, de 20 de novembro de 2019, no qual se dá a escrituração, o registro em entidade registradora, a negociação e a aposentadoria dos CBIO's. A sua comercialização se inicia no envio das notas fiscais do produtor/importador de biocombustível certificado para Plataforma CBIO, uma união entre a ANP e a Receita Federal para validação de Notas Fiscais Eletrônicas e emissão de CBIO's. Cada Nota Fiscal Eletrônica, conforme despacho da ANP mais atualizado (Despacho ANP n° 740, de 12 de julho de 2023), quando analisada pela plataforma CBIO terá um custo de R\$ 6,50 por nota fiscal, no período de 01/08/2023 a 31/12/2023.

As distribuidoras de combustíveis deverão comprovar o cumprimento de metas individuais compulsórias (Tabela 8) por meio da compra de CBIO's, que é um ativo ambiental, negociado na B3, como mercado balcão, com previsão de se tornar um ativo financeiro no mesmo mercado, derivado da certificação do processo produtivo de biocombustíveis com base nos respectivos níveis de eficiência alcançados em relação a suas emissões.

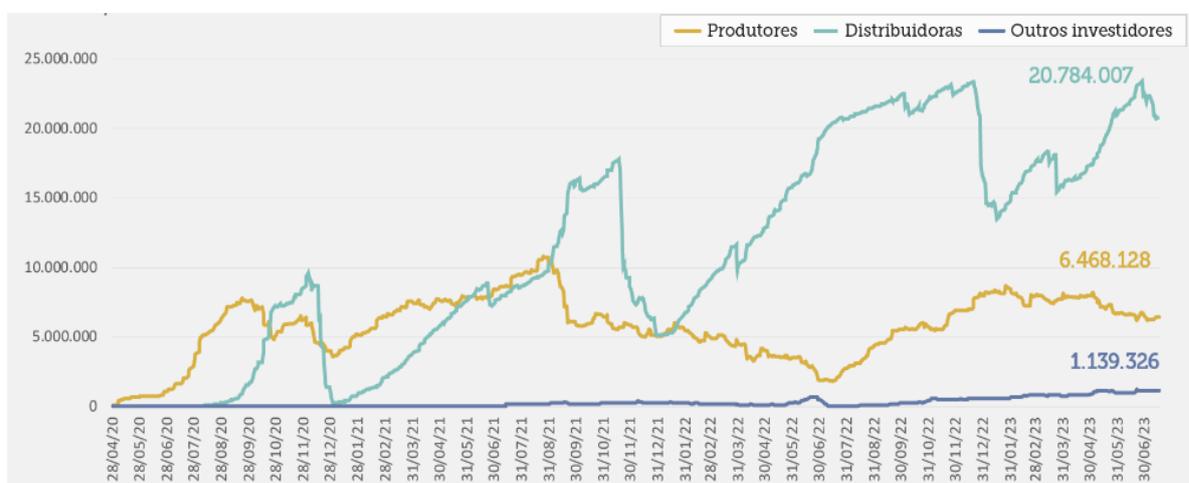
Tabela 8 - Metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis, conforme Resolução CNPE n° 8, de 18 de agosto de 2020, Resolução CNPE n° 17, de 5 de outubro de 2021, e Resolução n° 13, de 8 de dezembro de 2022.

Ano	2020	2021	2022	2023 (a)	2023 (b)	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Meta anual (milhões de CBIOs)	14,53	24,86	34,17	42,35	37,47	50,81	58,91	66,49	72,93	79,29	85,51	90,67	95,67	99,22
Intervalo de Tolerância (limites superior e inferior)	-	-	42,67	50,85	-	59,31	67,41	74,99	81,43	87,79	94,01	99,17	104,2	107,7
	-	-	25,67	33,85	-	42,31	50,41	57,99	64,43	70,79	77,01	82,17	87,17	90,79

Fonte: Resolução CNPE n° 8, de 18 de agosto de 2020, Resolução CNPE n° 17, de 5 de outubro de 2021, e Resolução n° 13, de 8 de dezembro de 2022.

Temos 317 unidades produtivas que participam do Programa RenovaBio, entre produtores de etanol (282) e produtores de biodiesel (35), e desde o início até junho de 2023 tivemos a emissão de 98,19 milhões de CBIO's e 30,77 milhões aposentados pelas partes obrigadas. O cenário verificado em junho de 2023 mostra que 20 milhões estão em posse de distribuidores, 6 milhões em posse de produtores de biocombustível e 1 milhão em posse de investidores, conforme citado na Figura 29, mostrando ainda o grande potencial financeiro que esse mercado ainda possui.

Figura 29 - Número de CBIO's em posse de produtores de biocombustíveis, distribuidores e investidores que ainda não foram aposentados em 2023.



Fonte: BiodieselBR (2023b).

4.6.1. Renovacalc

A revisão sobre a Renovacalc foi baseada na Nota Técnica do RenovaBio, conforme publicação de Matsuura et al. (2018b) e todo um time técnico que construiu o racional de cálculo e preenchimento da Renovacalc para utilização e cálculo das emissões pela calculadora.

Segundo Matsuura et al. (2018), foi estabelecido um arcabouço metodológico e ferramental para a contabilidade da intensidade de carbono dos biocombustíveis, baseado na avaliação de ciclo de vida (ACV) dos mesmos, e sua comparação com os combustíveis fósseis. A Nota de cada unidade de produção participante do programa, vinculada ao volume de biocombustível produzido, refletirá na obtenção de créditos de descarbonização e a confiabilidade será garantida por inspeção realizada por firma inspetora credenciada pela ANP. O desempenho dos biocombustíveis quanto à emissão de GEE é quantificado em gCO_2/MJ , pela Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). Embora um estudo de ACV completo deva abranger várias categorias de impacto ambiental, relacionadas à proteção de recursos naturais, de sistemas ecológicos e da saúde humana, no Programa RenovaBio é considerada apenas a categoria “Mudança do Clima”.

Segundo Matsuura et al. (2018b) o objetivo do método descrito na Nota Técnica é contabilizar a intensidade de carbono do biocombustível, em $\text{g CO}_2 \text{ eq.}/\text{MJ}$, e compará-la àquela do seu combustível fóssil equivalente. O RenovaBio adota a ACV atribucional, considerada uma técnica descritiva ou contábil que tem como objetivo atribuir a um produto, fabricado em um dado momento, uma parcela das emissões totais de poluentes e do consumo de recursos na economia (WEIDEMA et al., 2009). Para este Programa, foi assumida a abrangência “do poço à roda” (ou “do berço ao túmulo”), na qual são contabilizados todos os fluxos de material e energia consumidos pelos processos produtivos e emitidos para o meio ambiente, desde a extração de recursos naturais, aquisição ou produção e tratamento da biomassa, sua conversão em biocombustível, até sua combustão em motores, incluindo todas as fases de transporte (MARSUURA et al., 2018).

Na Figura 30 podemos visualizar as opções metodológicas e premissas adotadas pela Renovacalc, destacando a abordagem, escopo, e outros pontos determinantes para a base de análise da calculadora.

Figura 30 - Opções metodológicas e premissas adotadas pela Renovacalc⁷.

Opções metodológicas e premissas adotadas	
Abordagem	Atribucional
Escopo	Do poço à roda
AVC	Apenas categorias de impacto de Mudança de Climática
Unidade funcional	combustível consumido, em MJ
Tratamento de coprodutos	Alocação em base energética
Fonte de dados dos processos à montante do processo agrícola	Base de dados Ecoinvent v.3.1. Priorizou-se a adoção de inventários de produção e processamento para o Brasil (BR), globais (GLO2) e, na indisponibilidade desses, utilizou-se os inventários 'RoW3'.
Resíduos	Resíduos entram com carga zero. Apenas emissões que ocorrem após a geração do resíduo são consideradas.

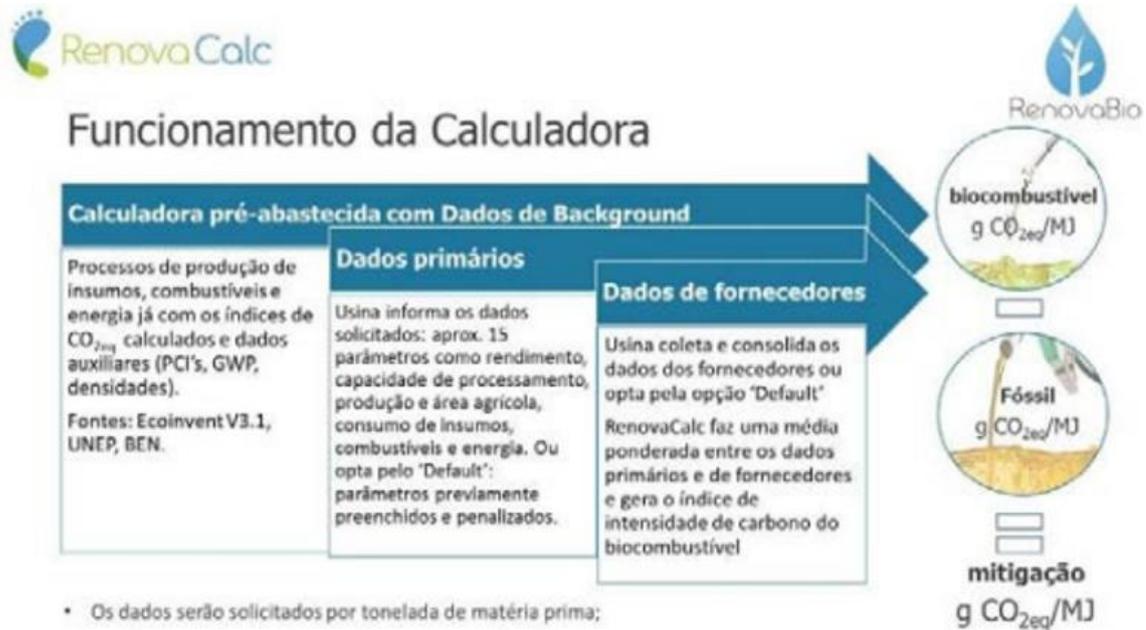
Fonte: Matsuura et al. (2018).

Uma vez aderido ao Programa RenovaBio a unidade produtora de biocombustível (usina, ou Emissor Primário), individualmente, obriga-se a fornecer parâmetros técnicos do seu processo produtivo: i) Fase agrícola (quando pertinente); ii) Fase industrial; iii) Fase de distribuição. E com isso alimentar a Renovacalc, ferramenta de cálculo oficial do RenovaBio, estruturada para avaliar diferentes rotas de produção de biocombustíveis e realizar o cálculo da sua intensidade de carbono.

Na Figura 31, foi evidenciado um resumo do esquema de funcionamento da Renovacalc, com os destaques dos dados de background, os dados primários que podem ser informados, e os dados de fornecedores de produtos para as unidades produtivas do biocombustível.

⁷ A sigla GLO representa a geografia dos conjuntos de dados utilizados e significa 'global'. Para uma dada atividade, esta geografia corresponde a uma média válida para todos os países do mundo. A sigla "RoW" significa "Rest of the World" e representa os conjuntos de dados que não estão representados no banco de dados *ecoinvent*. RoW é gerado como uma cópia exata do conjunto de dados GLO com incerteza ajustada.

Figura 31 - Esquema de funcionamento da Renovacalc.



Fonte: Matsuura et al. (2018).

Matsuura et al. (2018b) cita também as biomassas que foram consideradas resíduos pelo programa RenovaBio, portanto a elas não são atribuídas emissões de GEE referentes à sua geração, passando a ser contabilizadas aquelas ocorridas a partir do seu recolhimento e transporte até a unidade de processamento. i) resíduos de culturas agrícolas e florestais: palha de cana-de-açúcar, de milho, de sorgo e de trigo; cascas de arroz, de noz, de café e similares; sabugo de milho; cascas, tocos, ramos, folhas, agulhas, copas de árvores, aparas florestais e serragem provenientes de florestas plantadas. ii) resíduos de processamento: vinhaça e outros efluentes agroindustriais; bagaço de cana-de-açúcar e sorgo; torta de filtro, cinzas e fuligem; gordura animal; outros resíduos de origem animal; borras; glicerina bruta; óleo de fritura usado. iii) outros: dejetos animais; lodo de estação de tratamento de efluentes; biogás de Aterro Sanitário.

Segundo Matsuura et al. (2018b) no que se refere às informações usadas na Renovacalc para o cálculo da intensidade⁸ de carbono dos biocombustíveis, as seguintes fontes são adotadas: i) para os processos a montante do processo agroindustrial: dados advindos da base

⁸ Cálculo da Intensidade de Carbono dos Biocombustíveis na Renovacalc: após o produtor preencher todos os parâmetros da Renovacalc, a ferramenta irá calcular a intensidade de carbono do biocombustível, gerando um índice em "g CO_{2eq}/MJ". A intensidade de carbono de cada biocombustível, em g CO_{2eq}/MJ, assim calculada, é subtraída daquela do seu combustível fóssil equivalente, e a diferença obtida corresponde ao potencial de redução de GEE por MJ de combustível consumido em veículos. Este valor gera a Nota de Eficiência Energético-Ambiental que, combinada ao volume de biocombustível produzido, é convertida em CBIO.

de dados *ecoinvent* (WERNET *et al.*, 2016); ii) para os processos de distribuição do biocombustível: dados de estatísticas oficiais e dados setoriais; ii) para o uso do biocombustível: dados da ferramenta de estimativa de gases de efeito estufa para fontes intersetoriais (FGV, 2017).

4.6.1.1. Fase agrícola de produção

Na Renovacalc, para a fase agrícola, há campos específicos para o preenchimento dos dados de produção própria da unidade produtora (Emissor Primário) e de fornecedores. O preenchimento de ambos é de responsabilidade da unidade produtora, cabendo a ela inserir os dados de cada um de seus fornecedores individualmente. A Renovacalc gerará automaticamente, para cada parâmetro, a média ponderada dos dados próprios e de fornecedores, adotando como fator de ponderação o volume de produção de biomassa.

Tanto para os dados próprios como para os de fornecedores, é sempre necessário informar dados primários para as perguntas relacionadas aos critérios de elegibilidade ao programa RenovaBio e para os parâmetros: “área total”, “produção total”, “resíduos agrícolas recolhidos”.

Para os demais parâmetros solicitados na calculadora, na fase agrícola, é possível optar pelo preenchimento por “perfil específico” (dados primários) ou por “perfil padrão”.

No “perfil de produção específico” são fornecidos dados primários do processo agrícola das áreas de produção da usina e de seus fornecedores; já “perfil de produção padrão”⁹ corresponde ao nível tecnológico médio nacional (típico), gerado a partir de informações de bancos de dados do setor produtivo e da literatura técnica, ao qual foram aplicados fatores de penalização. É permitido adotar: i) o “perfil de produção específico” para ambos, usina e fornecedores; ii) o “perfil de produção padrão” para ambos, usina e fornecedores; iii) o “perfil de produção específico” para usina e o “perfil de produção padrão” para fornecedores; iv) o “perfil de produção padrão” para usina e o “perfil de produção específico” para fornecedores (MATSUURA *et al.*, 2018b).

⁹ Tal penalização atribuída ao “perfil de produção padrão” visa incentivar o fornecimento de informações sobre o perfil de produção específico. Desta forma, a opção “padrão” torna-se uma alternativa para o preenchimento da Renovacalc quando não é conhecido o conjunto completo de parâmetros técnicos de um processo produtivo agrícola.

4.6.1.2. Fase industrial de produção e distribuição

Matsuura et al. (2018b) para a fase industrial não existe a opção de “perfil padrão”, ou seja, serão sempre solicitados dados primários referentes ao processo de produção dos biocombustíveis.

Em relação à distribuição do biocombustível, a informação solicitada na Renovacalc para todas as rotas será a mesma, referente ao sistema logístico de distribuição de cada fração de seus biocombustíveis comercializados. Para cada biocombustível, uma distância média de distribuição da usina até o consumidor final foi determinada, sendo esta distância igual para todos os sistemas logísticos. Os sistemas logísticos disponíveis na calculadora são: rodoviário; dutoviário; ferroviário; marítimo (apenas para o etanol de milho importado).

Caso o produtor não tenha informações sobre a etapa de distribuição do seu biocombustível, a Renovacalc adotará o sistema logístico Rodoviário como padrão, exceto para a rota de etanol de milho importado, para a qual será adotado o sistema logístico Marítimo como padrão.

4.6.1.3. Parâmetros de preenchimento da Renovacalc

Matsuura et al. (2018) especificou os parâmetros de preenchimento da Renovacalc, conforme Tabela 9, a seguir, apresentada.

Tabela 9 - Parâmetros de preenchimento da RenovaCalc.

	Fase agrícola de produção	Fase Industrial de produção	Fase de distribuição
Preenchimento	<p>Possui campos específicos para o preenchimento dos dados de produção própria da Usina e de fornecedores externos, sendo de responsabilidade do preenchimento o produtor de biocombustível. A ferramenta gerará automaticamente, para cada parâmetro, a média ponderada dos dados próprios e de fornecedores, adotando como fator de ponderação o volume de produção de biomassa. Na fase agrícola, é possível optar pelo preenchimento por "perfil específico" ou por "perfil padrão", exceto para as perguntas relacionadas aos critérios de elegibilidade ao programa RenovaBio e para os parâmetros: "área total", "produção total", "resíduos agrícolas recolhidos", que sempre deverão ser informados como dados específicos. O "perfil de produção específico" corresponde aos dados primários do processo agrícola das áreas de usina e de seus fornecedores. Já o "perfil de produção padrão" corresponde ao nível tecnológico médio nacional (típico), gerado a partir de informações de bancos de dados do setor produtivo e da literatura técnica, a qual foram aplicados fatores de penalização. A penalização atribuída ao "perfil de produção padrão" visa incentivar a opção pelos dados primários, ou seja, o fornecimento de informações sobre o perfil de produção específico.</p>	<p>Não existe a opção de "perfil padrão", ou seja, serão sempre solicitados dados primários referentes ao processo de produção dos biocombustíveis.</p>	<p>A informação solicitada na RenovaCalc para todas as rotas será a mesma, referente ao sistema logístico de distribuição de cada fração de seus blocos comercializados. Para cada bloco comercializado, uma distância média de distribuição da usina até o consumidor final for determinada, sendo esta distância igual para todos os sistemas logísticos. Os sistemas logísticos disponíveis na calculadora são: a) Rodoviário; b) Dutoviário; c) Ferroviário; d) Marítimo (apenas para o etanol de milho Importado).</p>
Contribuição no processo	<p>A fase agrícola contribui significativamente para as emissões de GEE de biocombustíveis, que estão relacionadas principalmente à produção e uso de insumos. Os GEE mais importantes gerados na atividade agrícola são metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) e óxido nitroso (N₂O). As principais práticas que impactam as emissões de GEE são o uso de calcário, o uso de insumos nitrogenados, a queima de resíduos agrícolas e o consumo de combustível fóssil em operações mecanizadas, além da Mudança de Uso da Terra. As contribuições decorrentes da produção e do uso agrícola de agrotóxicos (herbicidas e pesticidas) são pouco significativas para a categoria de impacto "Mudança do Clima", considerada no RenovaBio. Por isso, estes insumos são considerados na contabilidade de intensidade de carbono dos biocombustíveis na forma de dados padrão (não penalizados, correspondentes à prática mais comum, atualmente, para cada cultura agrícola).</p>	<p>A contribuição dos processos da fase Industrial para o desempenho ambiental do ciclo de vida do biocombustível está associada majoritariamente ao rendimento de produto(s) e coproduto(s) e ao consumo de combustíveis e de energia elétrica. As emissões de correntes da produção dos insumos químicos utilizados nos processos Industriais e do tratamento dos resíduos usualmente não são significativas para os principais blocos comercializados produzidos atualmente em grande escala no país, sendo estas consideradas na contabilidade da intensidade de carbono dos biocombustíveis, tendo como base o perfil típico de cada rotatecnológica.</p>	-
Modelos de estimativa	<p>Os modelos mais difundidos propõem a contabilização das substâncias geradoras de emissões e sua multiplicação por fatores de emissão específicos para cada tipo de GEE. As principais referências metodológicas para a estimação dessas emissões no RenovaBio são os Guias do IPCC (IPCC 2006 a, b, e), em particular o v.4 "Agriculture, Forestry and Other Land Use" (IPCC 2006 d). Quando disponíveis, em literatura científica, fatores de emissão específicos para a região e cultura em análise, estes foram preferidos aos fatores de emissão padrão ("default") do IPCC.</p>	<p>Para os processos industriais, as estimativas de emissão de GEE têm como referência os Guias do IPCC (2006 a, b, e), em particular o v.3 "Industrial Processes and Product Use" (IPCC 2006 c). Quando disponíveis, em literatura científica, fatores de emissão específicos para os processos em análise, estes foram preferidos aos fatores de emissão padrão ("default") do IPCC. Após o preenchimento de todos os parâmetros da RenovaCalc, a ferramenta calcula a intensidade de carbono do biocombustível, gerando um índice em "g CO₂eq/MJ".</p>	-

Fonte: Elaboração própria a partir de Matsuura et al., 2018.

Este processo é feito automaticamente na calculadora, a partir de seis passos principais: i) adequação dos parâmetros de entrada a um fluxo de referência (tonelada de biomassa processada), e inserção como "fluxos de entrada" no Inventário de Ciclo de Vida de

cada rota de produção; ii) associação destes “fluxos de entrada” de inventário aos dados de emissões de GEE a montante do processo agroindustrial, relacionadas à produção de insumos agrícolas e industriais e à geração de energia, e a jusante, relacionados à distribuição e uso do biocombustível; iii) consolidação de um inventário das emissões de GEE geradas nas fases agrícola, industrial, de distribuição e uso do biocombustível; iv) conversão das emissões de GEE para a unidade “g CO₂eq”, a partir de fatores de caracterização para cada gás, segundo o GWP100, AR5 do IPCC (2014); v) adequação do índice à unidade funcional (MJ de biocombustível); vi) cálculo da diferença da intensidade de carbono do biocombustível com o fóssil de referência, gerando a Nota final (Matsuura et al., 2018).

Dado a complexidade dos biocombustíveis em todas suas fases de atuação, a Renovacalc criou diferentes rotas e preenchimentos para cada produto contemplado no Programa RenovaBio. No caso do biodiesel, podemos verificar nos Anexos 5 e 6 os parâmetros solicitados pela calculadora para preenchimento de sua rota para cálculo de geração de CBIO's de cada unidade produtiva.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Produção de biodiesel e preenchimento da Renovacalc (v.8)

O Brasil possui uma diversidade de usinas, com tamanhos e complexidades diferentes, além da localização regional de cada unidade produtiva, o que promove diferentes perfis de aquisição de matéria-prima e produção de biodiesel.

Por isso, para análise da produção do biocombustível e utilização das matérias-primas, foram determinados valores de uma usina hipotética, com produção média diária 652 m³ (Anexo 3) – média de produção diária baseado na capacidade de todas as usinas ativas no Brasil (59, conforme Anexo 3) –, com o processo produtivo de transesterificação e rota metílica, conforme explicitado pela Tabela 10.

Tabela 10 - Parâmetros de produção de biodiesel em m³ e toneladas para cálculo de aquisições de matéria-prima para produção de biodiesel a serem inseridas na Renovacalc.

Usina Hipotética	m³	t*
Produção diária	652	574
Produção mensal	19.551	17.205
Produção Anual	234.616	206.462

* usado como fator de conversão de m³ para ton 0,88.

Fonte: Elaboração própria.

Mesmo com uma capacidade ociosa conforme relatado anteriormente no Brasil, adotou-se para a análise a capacidade máxima de produção dessa usina hipotética, pois não haveria alteração nas bases finais de análise da Renovacalc no comparativo de produção entre matérias-primas, apenas na quantidade final. A partir dessa premissa produtiva pode-se avaliar a quantidade consumida de todos os produtos considerados na Renovacalc de entrada e saída em uma usina de biodiesel (elaborado baseado em uma unidade produtiva no Estado de São Paulo). Na Tabela 11 foram apresentados todos os parâmetros de consumo de matéria-prima, insumos e subprodutos, para produção e após a produção de biodiesel, que foram levantados da usina hipotética, para cálculo de emissões utilizados na Renovacalc.

Tabela 11 - Parâmetros de consumo de matéria-prima, insumos e subprodutos (entradas e saídas) para produção de biodiesel da usina hipotética, para cálculo das emissões da Renovacalc.

Usina Hipotética	Valores	Unidade
Quebra qualidade óleo de soja	2,0	%
Quebra qualidade sebo bovino	7,0	%
Consumo óleo de soja (anual)	210.676	ton
Consumo sebo bovino (anual)	222.002	ton
Necessidade de soja em grãos (kg)*	1.053.379.177	kg
Consumo metanol	10,0	%
Necessidade metanol (ton)	20.646	ton
Consumo metilato	1,2	%
Necessidade metilato (ton)	2.478	ton
Consumo Hidróxido de sódio (óleo de soja)	0,5	%
Consumo Hidróxido de sódio (sebo bovino)	1,0	%
Necessidade Hidróxido de sódio (óleo de soja)	1.053	ton
Necessidade Hidróxido de sódio (sebo bovino)	2.346	ton
Produção glicerina média	12,0	%
Produção glicerina (ton)	24.775	ton

**apenas para a unidade de soja em grãos*

Fonte: Elaboração própria.

Conforme verificado anteriormente no texto e Tabela 24, adotou-se como princípios para a produção da usina hipotética: i) quebra de qualidade de óleo de soja de 2% do óleo de soja consumido¹⁰; ii) quebra de consumo de 7% do sebo bovino consumido para a produção¹¹; iii) consumo de óleo de soja anual, para uma unidade que utilize apenas essa matéria-prima, conforme produção de biodiesel de 652 m³/dia; iv) consumo de sebo bovino, para uma unidade que utilize apenas essa matéria-prima, conforme produção de 652 m³/dia; v) necessidade de soja em grãos anual, baseado na produção de biodiesel de 652 m³/dia; vi) consumo e necessidade de insumos químicos (metanol, metilato e hidróxido de sódio) anual, conforme produção determinada de 652 m³/dia de biodiesel – a esse item, cada matéria-prima possui consumo diferentes dependendo da sua composição química, por isso foram determinadas o

¹⁰ Conforme relatado no trabalho, o rendimento do uso de óleo de soja na produção de biodiesel atingiu 94,47%, entretanto, conforme verificado nos dados para a usina hipotética, foi adotado o rendimento de 98%. Ou seja, para cada 1.000 kg de óleo de soja, temos 980 kg de biodiesel. Esse rendimento de 98% representa uma “quebra” ou “perda” de 2%, que são referentes a perdas de qualidade no produto bruto.

¹¹ Conforme já relatado, o rendimento do sebo bovino atinge entre 90 e 99% dependendo da qualidade do produto. No trabalho, conforme dados de usina hipotética e qualidade referenciada, foi adotado rendimento de 93%, ou “quebra” de produção de 7%, por perdas da qualidade do produto.

consumo tanto para produção de óleo de soja quanto para sebo bovino; vii) produção de glicerina anual, baseado na produção de biodiesel de 652 m³/dia.

Através dos pontos citados pôde-se calcular todos os itens que permeiam o preenchimento da Renovacalc, para produção de biodiesel da usina utilizada como referência do estudo. Para a produção com óleo de soja degomado como matéria-prima, a Tabela 25, a seguir, evidencia o processo de fabricação do biodiesel para cálculo de emissões. Para a quantidade de soja em grãos consumidas, foi utilizado a produtividade base CONAB (2023), de 3.527 kg/ha, média esperada para a safra de 2023 de soja.

Os consumos considerados na Tabela 12 são de uso do “perfil de produção padrão” (penalização do perfil padrão conforme Anexo 7), devido as grandes diferenças de produção de soja em escala nacional. Tal perfil permitiria uma análise mais concisa de comparação com a gordura animal.

Tabela 12 - Processo produtivo das fases agrícola, extração e produção de biodiesel usados na Renovacalc, para usina produtora com uso de óleo de soja como matéria prima.

Produção com uso de óleo de soja				
Fase	Processos produtivos	Quantidade	Unidade	Conversão
	Área	298.661,52	há	
	Produção total de soja	1.053.379,18	t	
	Soja comprada pelo produtor de biodiesel	1.053.379,18	t	
Agrícola	Calcário	418,13	kg/t soja	0,140%
	Gesso	89,60	kg/t soja	0,030%
	Sementes	29,87	kg/t soja	0,010%
	Ureia	5,97	kg N/t soja	0,002%
	Superfosfato simples (SSP)	44,80	kg P ₂ O ₅ /t soja	0,015%
	Cloreto de potássio (KCl)	38,83	kg K ₂ O/t soja	0,013%
	Diesel B10	20,00	l/t soja	
Extração	Processamento efetivo	1.053.379,18	t soja	
	Transporte	200,00	km	
	Rendimento óleo	200,00	kg/t soja	
	Rendimento farelo	760,00	kg/t soja	
	Eletricidade	34,47	kWh/t soja	0,003%
	Diesel B8	0,10	l/t soja	
	Cavaco de madeira*	80,24	kg/t soja	0,008%
	Lenha**	4,00	kg/t soja	
Biodiesel	Óleo de soja próprio	210.675,84	t óleo/ano	
	Produção biodiesel	234.616,27	m ³ /ano	
	Produção Glicerina bruta	24.775,48	t/ano	
	Metanol	20.646,23	t/ano	
	Metilato de sódio	2.477,55	t/ano	
	Hidróxido de sódio	1.053,00	t/ano	
	Eletricidade da rede	6.457,02	MWh/ano	0,613%
	Cavaco***	19.444,63	t/ano	1,846%
	100% rodoviário			

* 35% de umidade do cavaco e 110 km de transporte do produto até a fábrica

** 35% de umidade da lenha 110 km de transporte do produto até a fábrica

*** 35% de umidade do cavaco e 110 km de transporte do produto até a fábrica

Fonte: Elaboração própria.

Para a produção de biodiesel com gordura animal (sebo bovino), foram calculadas as seguintes premissas de fabricação para uso na Renovacalc (Tabela 13).

Tabela 13 - Processo produtivo da fase de produção de biodiesel usados na Renovacalc, para usina produtora com uso de sebo bovino como matéria prima.

Produção com gordura animal (sebo bovino)				
Fase	Processos produtivos	Quantidade	Unidade	Conversão
Biodiesel	Produção biodiesel	234.616,27	m ³ /ano	
	Hidróxido de sódio	2.346,16	t/ano	1,000%
	Aquisição de gordura animal	222.002,49	t gordura/ano	
	Eletricidade da rede	6.890,49	MWh/ano	2,937%
	Diesel B10	77,13	m ³ /ano	0,033%
	Diesel B12		m ³ /ano	
	Diesel B11		m ³ /ano	
	Lenha	18.192,59	t /ano	7,754%

Fonte: Elaboração própria.

Como o uso do sebo bovino é considerado resíduo no uso da Renovacalc, ele possui uma rota mais simplificada de preenchimento da calculadora por não ser considerado nenhuma emissão em seu processo de produção, considerando-se assim apenas a fabricação do biodiesel.

Após as definições e cálculos, foram inseridas as informações da Renovacalc v.8 do RenovaBio, citado para verificação das emissões. Frisa-se, neste contexto, que nos anexos 8 e 9, apresentados ao final deste trabalho, podemos verificar o preenchimento para produção com uso de óleo de soja degomado, chegando ao seguinte resultado de emissão, intensidade de carbono e NEEA.

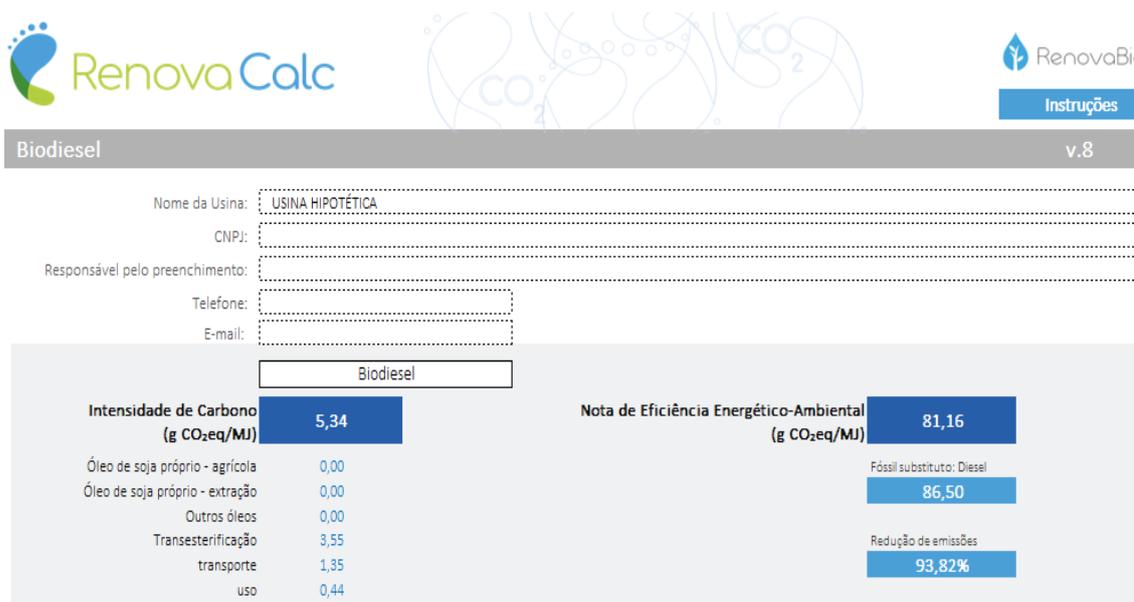
A Figura 32 evidencia o resultado obtido – através do uso da Renovacalc – da redução de emissões em uma usina produtiva de óleo de soja, conforme dados “padrão”.

A Figura 33, mostra o resultado da Renovacalc de uso de sebo bovino para a produção de biodiesel, bem como intensidade de carbono, redução de emissões e NEEA. O preenchimento das premissas da calculadora com sebo bovino podemos verificar no Anexo 10.

Figura 32 - Resultado da Renovacalc de usina produtora de biodiesel com óleo de soja como matéria-prima, intensidade de carbono, nota de eficiência energética ambiental (NEEA) e redução de emissões.



Figura 33 - Resultado da Renovacalc de usina produtora de biodiesel com sebo bovino como matéria-prima, intensidade de carbono, nota de eficiência energética ambiental (NEEA) e redução de emissões



5.2. Contabilização da produção de CBIO's.

A partir do preenchimento da Renovacalc, conseguimos verificar as seguintes diferenciações do uso de matéria-prima de acordo com o programa RenovaBio (Tabela 14):

Tabela 14 - Parâmetros de resultado da Renovacalc das matérias-primas estudadas.

Matéria-prima	Intensidade de carbono (g CO₂eq/MJ)	NEEA (g CO₂eq/MJ)	Combustível fóssil equivalente - diesel (g CO₂eq/MJ)	Redução de emissões
Óleo de soja degomado	38,70	47,80	86,50	55%
Sebo bovino	5,34	81,16	86,50	94%

Fonte: Elaboração própria.

Os dados inerentes à Tabela 27 nos permite verificar que o sebo bovino, por se tratar de um resíduo e não trazer as emissões de sua produção, ou seja, entrar no processo de fabricação de biodiesel com “carga zero” de emissão de carbono, possui uma intensidade de emissão muito menor que a do óleo de soja degomado, e com isso, uma NEEA muito maior (58,89% maior que o óleo) e reduz 39% mais GEE que o produto da soja. Comparado com o combustível fóssil o biodiesel produzido a partir de óleo de soja reduz 55% o GEE’s quando comparado ao diesel, e o biodiesel produzido de sebo reduz 94% dos GEE’s quando comparado com diesel mineral, usando como base as premissas da Renovacalc e do Programa RenovaBio.

Calculado a base de emissões, fez-se necessário o cálculo de emissões de CBIO’s de cada arranjo produtivo verificado na Renovacalc. Tal quantidade de CBIO’s emitida em cada simulação foi verificada com a equação 1 baseada em Matsuura et al. (2018):

$$OCbio = \left(NEEA * m * PC * \left(\frac{VE}{100000} \right) \right) * P \quad 1$$

Onde:

- *OCbio* – Quantidade de CBIO’s emitidos;
- *NEEA* – Nota de Eficiência Energética Ambiental informada na Renovacalc;
- *m* – Massa específica do biodiesel, expressada em 0,88 (APROBIO, 2023);
- *PC* – Poder calorífico inferior do biodiesel, expresso em MJ/kg, considerando-se 37,27 (APROBIO, 2023);
- *VE* – Volume elegível, uma das premissas necessárias participação do produto no Programa RenovaBio, expresso em % (foi considerado o volume elegível de 100% da matéria-prima);
- *P* – Produção anual de biodiesel em litros.

Em sequência da fórmula, foi calculado o potencial de produção de CBIO's dos dois arranjos analisados, de uso de óleo de soja e sebo bovino¹², conforme explicita a Tabela 15.

Tabela 15 - Cálculo de emissão de CBIO's nas usinas produtoras de biodiesel de óleo de soja e sebo bovino.

Premissas	Óleo de soja	Sebo bovino
Nota de Eficiência Energético-Ambiental (gCO ₂ eq/MJ)	47,80	81,16
Massa Específica	0,88	0,88
Poder Calorífico Inferior [MJ/kg]	37,27	37,27
Volume elegível	100%	100%
Entrega efetiva	100%	100%
Fator para emissão de CBIO (tCO ₂ eq/L)	1,57E-03	2,66E-03
Produção diária (L)	652.000	652.000
Produção anual (L)	234.720.000	234.720.000
Volume (L)	234.720.000	234.720.000
CBIOS Potencial	367.976,48	624.790,19

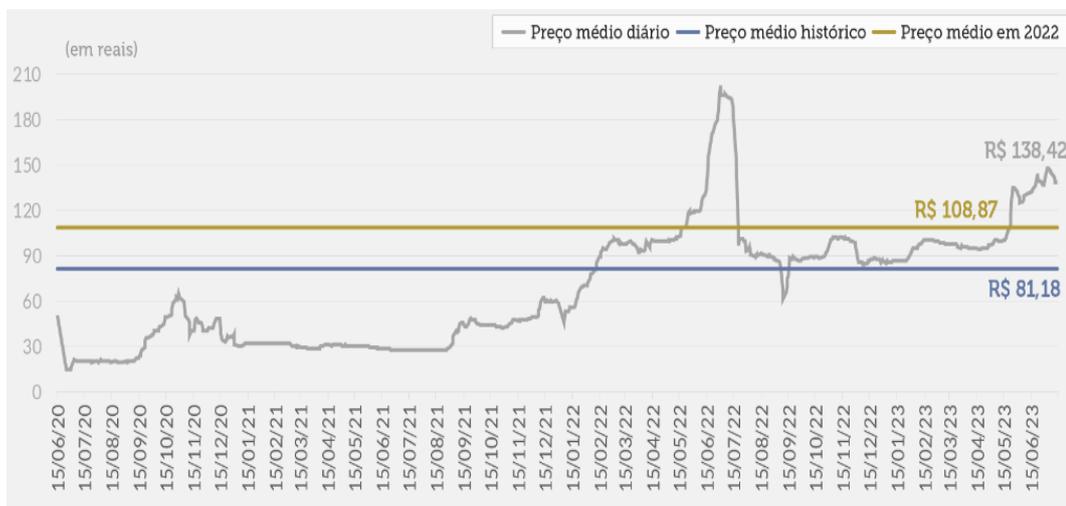
Fonte: Elaboração própria.

Com isso pôde-se notar que o arranjo de produção base sebo bovino gera aproximadamente 1,7 CBIO's a mais que o óleo de soja, ou seja, para cada CBIO gerado no arranjo do perfil de óleo de soja padrão, podem ser gerados 1,7 CBIO's no uso de sebo bovino.

O mercado de negociação de CBIO's teve início em junho de 2020 e está ativo até hoje, conforme citado anteriormente, com negociações do mercado balcão da B3, Bolsa de Mercadorias brasileira, negociado sob o código "CBIO". Segundo Biodieselbr (2023b), desde a implantação das negociações, em junho de 2020, os CBIO's foram vendidos entre R\$ 15 e R\$ 209,50. Conforme se observa pela Figura 34, desde o começo do Programa tivemos um preço médio de R\$ 81,18, contra um preço médio diário de R\$ 138,42. Mostrando que existiram diversos ciclos de negociação e acordo com as previsões de aquisições das partes obrigadas e também com as execuções dos mesmos.

¹² Foi adotado como premissa na usina hipotética de que 100% do produto seria vendido pelo produtor de biodiesel, da produção estipulada; e que 100% da matéria-prima teria um volume elegível ao programa RenovaBio.

Figura 34 - Preço médio dos CBIO's comercializados, notificados à B3.



Fonte: BiodieselBR (2023).

A Tabela 16, mostra a maior receita adquirida a partir da produção de sebo bovino, de aproximadamente R\$ 13 milhões a mais que a produção de biodiesel a base de óleo de soja – isso apenas com a produção maior de CBIO's – ou R\$ 56,83/m³ de retorno a mais quando utilizado o sebo bovino.

Tabela 16 - Receita de CBIO's da produção anual de biodiesel de sebo bovino e óleo de soja.

Matéria-Prima	Fator de Produção CBIO	Preço CBIO's (R\$)	Produção biodiesel anual (m ³)	Receita Total (R\$)	R\$/m ³	R\$/t
Óleo de soja	1	81,18	234.720	19.054.569,60	81,18	92,25
Sebo bovino	1,7	81,18	234.720	32.392.768,32	138,01	156,83
Diferença de receita = Sebo bovino (-) Óleo de soja				13.338.198,72	56,83	64,58

Fonte: Elaboração própria.

Esse valor de receita maior de R\$ 56,83/m³ na venda de CBIO's no ano, quando considerado para a precificação da matéria-prima, contabilizamos em toneladas, que no caso, usando a densidade do biodiesel de 0,88, representaria uma receita de R\$ 64,58/t.

5.3. Análise econômica comparativa do sebo bovino em relação ao óleo de soja para produção de biodiesel, inerente ao Programa RenovaBio

Para ambos os produtos, foram verificados os preços praticados entre janeiro de 2017 e abril de 2023. Como os produtos possuem grande volatilidade, tornava-se necessário analisar um período em que permitisse minimizar alguns efeitos como: i) volatilidade da moeda; ii) variação da mistura de biodiesel; iii) variações de safras de soja e de abate de animais; iv) mudança do modelo de comercialização de biodiesel; v) pandemia de COVID-19 entre outros. Além disso, como o sebo possui um padrão de qualidade diferente do óleo de soja, considerou-se uma diferença de 5% no preço do produto para compor a quebra de qualidade – o quanto se perde de rendimento ao se usar o sebo bovino quando comparado ao uso do óleo de soja na produção do biodiesel – se tornando um custo maior para o sebo bovino e conseqüentemente aumentando o preço do produto, ou seja, o gasto maior a ser realizado para colocar os dois produtos na mesma base de qualidade para produção de biodiesel, já citado na Tabela 24.

O óleo de soja como outros produtos, pode ter uma referência de preço local, dependendo da demanda e do uso, porém o principal modelo de precificação utilizado, por ser uma *commoditie*¹³, é com referência em uma bolsa de mercadorias. No caso do complexo soja (grão, farelo e óleo) essa precificação corre com referência na Bolsa de Chicago, ou *Chicago Board of Trade* (CBOT).

Há vários tipos de mercado onde podem ocorrer as negociações da soja. A formação do preço interno da oleaginosa possui uma estreita relação com o referencial de CBOT. Além disso, os relatórios de safra disponibilizados pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) oferecem aos agricultores, empresas do agronegócio e participantes do mercado de futuros uma ideia da direção do mercado. Uma vez que mercados consolidados são utilizados como referência na descoberta de preços pelos agentes em todo o mundo, esses deveriam refletir as informações de maneira eficiente, já que os mercados mundiais são interligados e as informações estão disponíveis a todos os agentes (MASCHKE et al., 2018).

Assim, no mercado brasileira de soja e seus derivados (no caso o óleo de soja), a principal referência de preço se torna o produto negociado em CBOT, trazendo para o mercado

¹³ Commodities agrícolas são produtos primários comercializados “in natura” ou com baixo teor de industrialização. O termo commodity, traduzido do inglês, significa mercadoria. No contexto de mercado, são produtos com características padronizadas e sem diferenciação de origem, demandados em escala global. As commodities, inclusive agrícolas, geralmente são usadas como matéria-prima na produção de outros produtos – esses, sim, de valor agregado. Não faz diferença para o mercado, portanto, se a soja foi produzida do Brasil ou nos Estados Unidos. O preço é o mesmo, cotado no mercado internacional (geralmente em dólares), conforme a lei da oferta e da procura (FIA, 2023).

nacional, negociado base contrato futuro¹⁴. A fórmula utilizada para cálculo do preço de óleo de soja é expressa na equação 2:

$$Poleo = ((C \pm P) * f) * D \pm DLsp + i \quad 2$$

Onde:

- *Poleo* – Preço de óleo de soja degomado, líquido de impostos, com padrão de qualidade da Tabela 15, colocado na usina produtiva de biodiesel (CIF), em R\$/t;

- *C* – Preço do óleo de soja em CBOT, de referência o contrato de entrega em CBOT, medido em cents (USD)/libra-peso, com acesso em:

<https://www.cmegroup.com/markets/agriculture/oilseeds/soybean-oil.html#venue=globex>;

- *P* – Prêmio (Os prêmios para óleo de soja, negociados para o período em que o produto será embarcado, são os ágios/deságios em relação às cotações de CBOT e representam a relação oferta demanda do produto no momento), medido em cents (USD)/libra-peso, com acesso em corretoras de prêmio no mercado brasileiro (CANZIANI e GUIMARÃES, 2006);

- *f* – Fator de conversão de cents/libra-peso para USD/t, expresso pelo número 22,0462;

- *D* – Valor do dólar, base B3 ou PTAX850 (BACEN), com acesso em:

<https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/historicocotacoes>;

- *DLsp* – Diferencial logístico do porto de referência do óleo no Brasil (porto de Paranaguá/PR) até a “praça” consumidora, nesse caso São Paulo/SP;

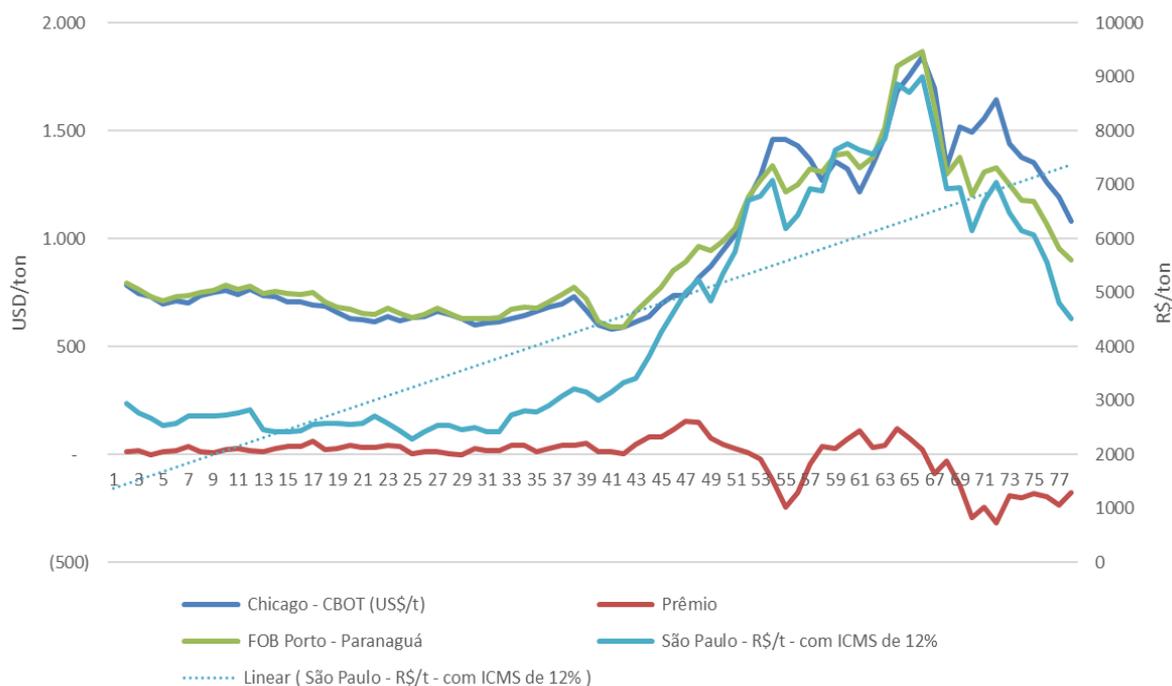
- *i* – valor do imposto de circulação de mercadorias de um produto de fora do Estado de São Paulo para dentro (12% de ICMS).

Através da formulação acima se obtém o preço do óleo de soja base CIF (*Cost, Insurance and Freight*) São Paulo/SP, ou seja, colocado no destino (a usina produtora), que é um dos principais reportes de preço de óleo de soja no Brasil, por ser o maior consumidor do produto, e mencionado mensalmente pela ABIOVE, um dos principais órgãos no país de divulgação de preços do complexo soja. Baseado nas premissas de precificações apresentadas, na Figura 35 conseguimos visualizar o histórico de preços entre janeiro de 2017 e maio/23 do óleo de soja degomado CIF São Paulo/SP com 12% de ICMS.

¹⁴ Mercado onde se negociam contratos futuros, estabelecendo-se a obrigação de compra e venda de uma mercadoria em data futura por um preço negociado em bolsa (pregão). Os contratos são padronizados com relação aos prazos, à quantidade e à qualidade da mercadoria, podendo ser liquidados antes do prazo de vencimento, mediante reversão da posição assumida na bolsa (compra ou venda) (MASCHKE et al., 2018).

Outra importante fonte de preço de óleo de soja, é o índice CEPEA/ESALQ¹⁵ de óleo de soja. Também possui uma referência que precifica o mercado consumidor, de São Paulo/SP. A Figura 36 explicita o histórico dos últimos anos do índice CEPEA/ESALQ.

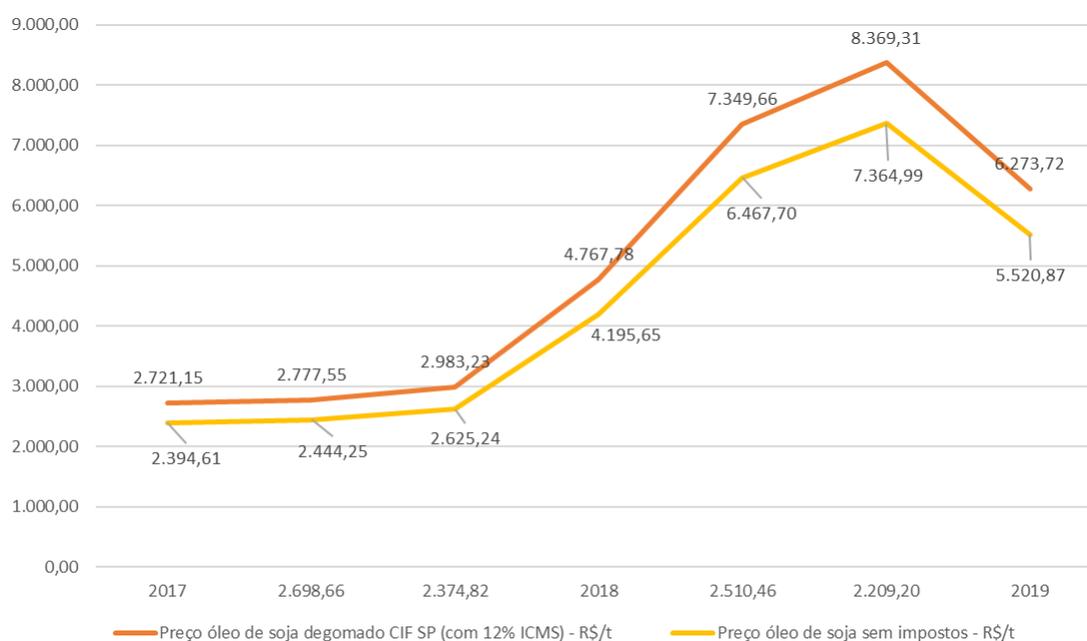
Figura 35 - Histórico de preços: CBOT, prêmio e preço no Porto de Paranaguá (PR) em USD/t; e preço colocado em São Paulo/SP em R\$/t



Fonte: Elaboração própria com base em Abiove (2023).

¹⁵ O Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) é parte do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq), unidade da Universidade de São Paulo (USP). É um grupo de pesquisas registrado no CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico). As pesquisas do Cepea relacionadas ao agronegócio são estruturadas segundo cadeias produtivas, considerando-se também suas interligações econômicas que, em geral, são baseados em portfólios de composição diversificada. O acompanhamento das cadeias começa com a identificação das estruturas regionais de produção e se estende até a venda da produção agropecuária a atacadistas do mercado doméstico ou a exportadores. Reflete o mercado físico em Paranaguá/PR e São Paulo/SP.

Figura 36 - Histórico de preços de óleo de soja degomado base CIF São Paulo em R\$/t, preços com impostos (12% de ICMS) e sem impostos



Fonte: Elaboração própria com base em CEPEA (2023).

Dados os números apresentados sobre o óleo de soja degomado, referente ao histórico do período, podemos apresentar a média de preço com e sem tributo (ICMS) conforme os índices apresentados na Tabela 17, a seguir.

Tabela 17 - Preço médio de óleo de soja do período de janeiro de 2017 a abril de 2023 conforme fontes de índices de preços.

Instituição	Discriminação	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Média período
ABIOVE	Preço óleo de soja degomado CIF SP (com 12% ICMS) - R\$/t	2.698,66	2.510,46	2.632,49	3.921,21	6.764,82	7.519,84	5.642,58	4.404,73
	Preço óleo de soja sem impostos - R\$/t	2.374,82	2.209,20	2.316,59	3.450,67	5.953,04	6.617,46	4.965,47	3.876,16
CEPEA	Preço óleo de soja degomado CIF SP (com 12% ICMS) - R\$/t	2.721,15	2.777,55	2.983,23	4.767,78	7.349,66	8.369,31	6.273,72	5.070,54
	Preço óleo de soja sem impostos - R\$/t	2.394,61	2.444,25	2.625,24	4.195,65	6.467,70	7.364,99	5.520,87	4.462,07

Fonte: Elaboração própria a partir de ABIOVE (2023) e CEPEA (2023).

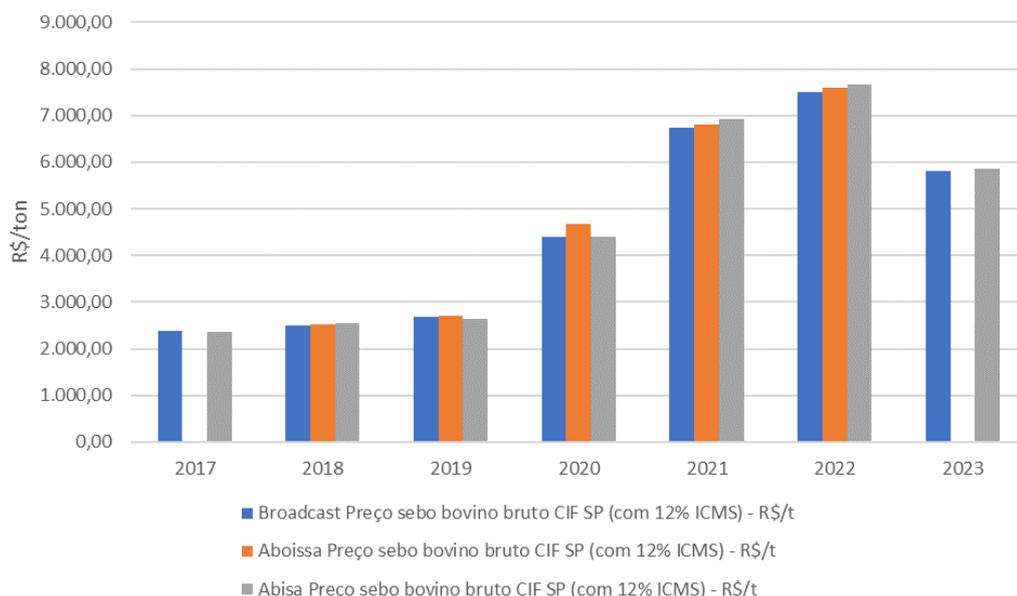
Na precificação do sebo bovino, devido à falta de organização do mercado, a definição de preço do produto depende da iniciativa privada para referência de compradores e vendedores, e com isso buscar uma precificação por localidade que evidencia o que é praticado nessas

regiões. Uma das principais localidades, como mercado consumidor, de preço de sebo bovino é São Paulo/SP.

Foram levantados os preços mensais praticados para o produto, obtidos através de fontes particulares, visando levantar o preço médio praticado no período para o produto contabilizando os custos de aquisição. Para a análise, foram utilizadas fontes de três empresas, que fazem o acompanhamento mensal de preços e servem de referência do produto para a região.

As empresas que prestam serviço de histórico de preços de sebo foram: Abisa (Associação brasileira da Indústria Saboeira), Aboissa e Broadcast. Importante frisar que o sebo bovino, por não ser uma “*commoditie*” e ter um mercado limitado a algumas destinações, não existe fontes internacionais de preço, apenas para o mercado “spot” (diário). Na Figura 37, a seguir, podemos verificar o histórico de preços de sebo bovino praticado em São Paulo, com impostos incluso (12% de ICMS).

Figura 37 - Preços de sebo bovino em São Paulo/SP com impostos, conforme fontes de mercado, entre 2017 e 2023.



Fonte: Elaboração própria a partir de ABISA (2023), Aboissa (2022) e Broadcast (2023).

Assim podemos apresentar os preços médios praticados de sebo bovino no período na Tabela 18, a seguir, considerando a quebra de qualidade no preço do sebo e descontando-se os impostos do produto.

Tabela 18 - Preço médio de sebo bovino do período de janeiro de 2017 a abril de 2023 conforme fontes de índices de preços utilizados.

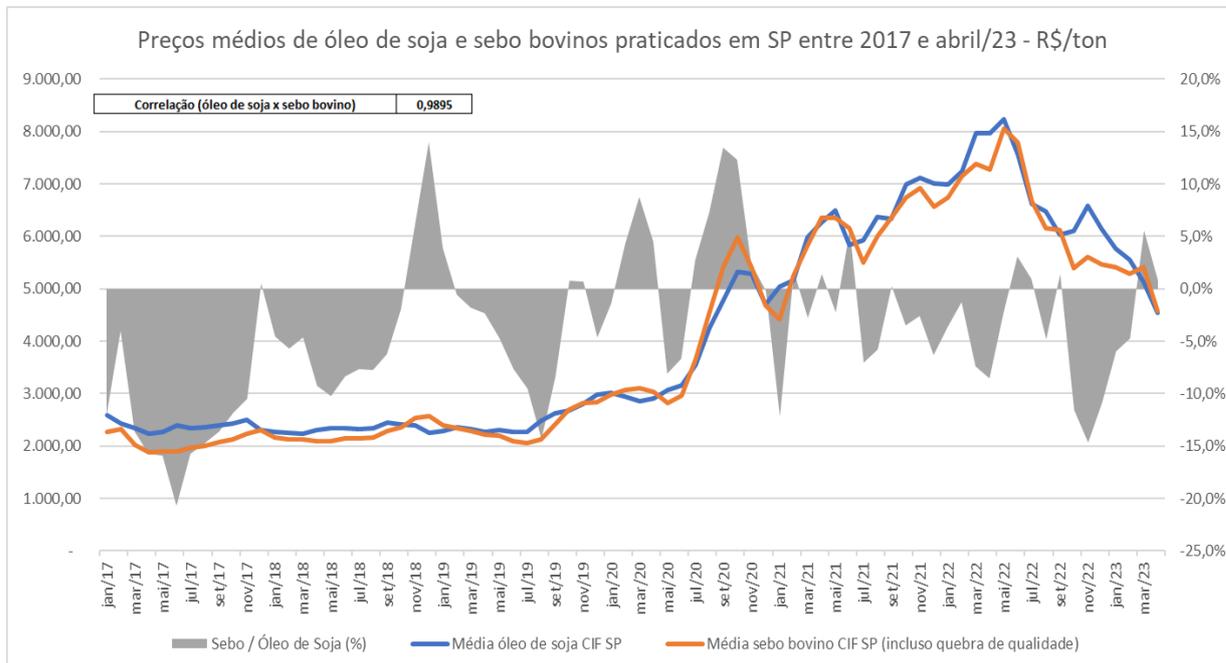
Instituição	Discriminação	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Média período
Broadcast	Preço sebo bovino bruto CIF SP (com 12% ICMS) - R\$/t	2.391,67	2.503,54	2.687,71	4.400,83	6.733,33	7.514,03	5.819,38	4.604,37
	Preço sebo bovino sem impostos (+) quebra qualidade - R\$/t	2.116,98	2.216,01	2.379,03	3.895,40	5.960,01	6.651,04	5.151,02	4.075,56
Aboissa	Preço sebo bovino bruto CIF SP (com 12% ICMS) - R\$/t		2.530,83	2.705,83	4.670,83	6.798,33	7.602,50		4.476,99
	Preço sebo bovino sem impostos (+) quebra qualidade - R\$/t		2.229,91	2.395,07	4.134,39	6.017,54	6.729,35		3.960,47
Abisa	Preço sebo bovino bruto CIF SP (com 12% ICMS) - R\$/t	2.360,66	2.544,79	2.646,18	4.403,75	6.930,00	7.669,10	5.865,00	4.495,95
	Preço sebo bovino sem impostos (+) quebra qualidade - R\$/t	2.089,54	2.243,95	2.342,27	3.897,98	6.134,09	6.788,30	5.191,40	3.978,23

Fonte: Elaboração própria a partir de ABISA (2023), Aboissa (2022) e Broadcast (2023).

Vale citar que as duas matérias-primas possuem uma correlação de Person (r)¹⁶ muito forte (0,9895), o que mostra que para a dinâmica de aquisição de produto para a produção de biodiesel, é possível se realizar uma arbitragem entre ambas, para verificar aquela que traria o melhor resultado para a operação. A partir dos dados conseguimos avaliar o preço médio do período de cada matéria prima, e verificar além da correlação, que existe uma variação ou diferença de preço dos produtos, também chamado de “*spread*” entre as matérias-primas, sendo expresso em percentual (%).

¹⁶ O coeficiente de correlação de Pearson (r) é uma medida de associação linear entre variáveis. O coeficiente de correlação varia de -1 a 1. O sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Uma correlação perfeita (-1 ou 1) indica que o escore de uma variável pode ser determinado exatamente ao se saber o escore da outra. No outro oposto, uma correlação de valor zero indica que não há relação linear entre as variáveis (FILHO e JÚNIOR, 2009).

Figura 38 - Gráfico de preços de óleo de soja e sebo bovino entre janeiro de 2017 e abril de 2023, e sua correlação (r).



Fonte: Elaboração própria a partir de CEPEA (2023), ABIOVE (2023), ABISA (2023), Aboissa (2022) e Broadcast (2023).

Na Figura 38 que foi apresentada, utilizando dos dados apresentados de preço de sebo bovino e óleo de soja históricos, quando descontado o efeito dos impostos e já contabilizado o efeito de qualidade, temos diversos pontos no decorrer do período, em que o sebo bovino teve um preço maior do que o óleo de soja, destacado pelo tracejado em “cinza” que representa o *spread* entre as matérias-primas.

Onde vemos o *spread* positivo, o que se visualizou foram os momentos em que o preço de sebo foi maior que o do óleo de soja. Quando vemos o *spread* negativo, verificamos o inverso, os momentos em que o óleo de soja teve um preço de aquisição mais alto do que da gordura animal.

Ponderando sobre os preços médios de matéria-prima no período estudado, podemos fazer uma média do período dos valores de óleo de soja e sebo bovino adquiridos em São Paulo, entre 2017 e 2023, conforme se observa pela Tabela 19.

Tabela 19 - *Spread* em R\$/t expressos entre as médias de preços dos produtos analisados, no período de janeiro de 2017 a abril de 2023 conforme fontes de índices de preços usados, descontados os impostos e efeito da qualidade do produto.

Instituição	Descrição	Período	Produto	Tributação	Entrega	Média de preço (R\$/t) sem impostos + quebra de qualidade do sebo bovino	Média
Abiove	Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE), representando 17 empresas produtoras de farelo, óleos vegetais e biodiesel.	jan/2017 a abr/2023	Óleo de soja bruto degomado	12% de ICMS	CIF São Paulo/SP	R\$ 3.880,57	R\$ 4.180,46
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Esala/USP.	jul/2017 a abr/2023	Óleo de soja bruto degomado	12% de ICMS	CIF São Paulo/SP	R\$ 4.480,36	
Abisa	Associação Brasileira de Produtos de Higiene & Limpeza e Afins.	jan/2017 a abr/2023	Sebo bovino bruto	12% de ICMS e 3,7% de PIS/COFINS	CIF São Paulo/SP	R\$ 3.930,07	R\$ 4.002,59
Aboissa	Aboissa é hoje um dos maiores e mais respeitados brokers de commodities da América Latina.	jan/2018 a abr/2022	Sebo bovino bruto	12% de ICMS e 3,7% de PIS/COFINS	CIF São Paulo/SP	R\$ 4.093,20	
Broadcast	Uma das maiores empresas de plataforma de cotação do agronegócio.	jul/2017 a abr/2023	Sebo bovino bruto	12% de ICMS e 3,7% de PIS/COFINS	CIF São Paulo/SP	R\$ 3.984,50	
Diferença sebo (-) óleo de soja em R\$/t							-R\$ 177,88
Spread Sebo bovino / óleo de soja							-4,25%

Fonte: Elaboração própria.

Conforme citado no item anterior, os CBIO's trouxeram à produção com sebo bovino uma receita maior em R\$ 64,58/t consumida para produção do biocombustível. Ao considerarmos o preço médio de sebo bovino no período, de R\$ 4.002,59, tal receita de CBIO's representou 1,63% do custo de aquisição do resíduo. E com isso utilizar a seguinte análise de preço na equação 3:

$$P_{sebo} - 1,63 \% < P_{oleo} \quad 3$$

Onde:

- P_{sebo} – Preço de sebo bovino, líquido de impostos, com padrão de qualidade da Tabela 18, colocado na usina produtiva de biodiesel (CIF), em R\$/t;

- *Póleo* – Preço de óleo de soja degomado, líquido de impostos, com padrão de qualidade da Tabela 15, colocado na usina produtiva de biodiesel (CIF), em R\$/t.

Assim, através da Tabela 20 conseguimos criar um racional conforme equação de escolha da matéria-prima no momento da compra.

Tabela 20 - Escolha da matéria-prima conforme Equação 3

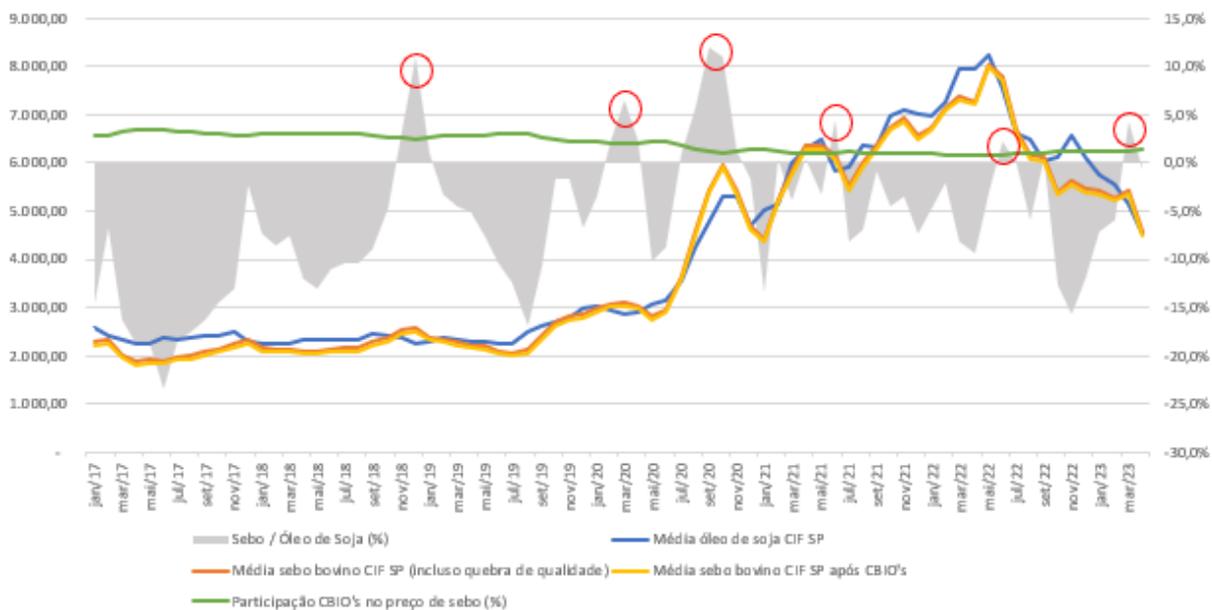
Condição	Escolha
$(P_{sebo} - 1,63\%) < P_{óleo}$	Aquisição de Sebo bovino
$(P_{sebo} - 1,63\%) > P_{óleo}$	Aquisição de Óleo de soja

Fonte: Elaboração própria.

Tal receita maior pelo uso de resíduos, na produção de biodiesel, pode ser considerada como um “benefício” do sebo bovino, tornando na arbitragem para aquisição de matéria-prima um redutor de custo. Para ampliar a análise no histórico, a Figura 39, a seguir, explicita o impacto dessa receita no preço médio do sebo bovino, e como ficaria a análise da gordura em relação ao óleo de soja ao longo do histórico.

Mesmo com a redução do custo de aquisição da gordura animal, pela receita de CBIO's, notou-se que teve um impacto (linha verde), porém que não foi o suficiente para reduzir o spread nos momentos que o resíduo foi mais caro que o óleo de soja no período (6 círculos vermelhos). Com isso podemos verificar que no estudo realizado, o preço do sebo bovino mesmo com o desconto devido a receita maior com os CBIO's, foi menor que o do óleo de soja no período, mostrando a preferência pelo produto no momento do *trade-off*, ou seja, da escolha da matéria-prima.

Figura 39 - Gráfico de preços de óleo de soja e sebo bovino entre janeiro de 2017 e abril de 2023 após a contabilização da receita de CBIO's.



Fonte: Elaboração própria a partir de CEPEA (2023), ABIOVE (2023), ABISA (2023), Aboissa (2022) e Broadcast (2023).

Vale ressaltar que os mercados estudados possuem volatilidades diárias de preço pelos motivos já apresentados, e que impactam diariamente as tomadas de decisões, entretanto manter esse racional estruturado para a decisão, torna-se um diferencial para a sustentabilidade econômica.

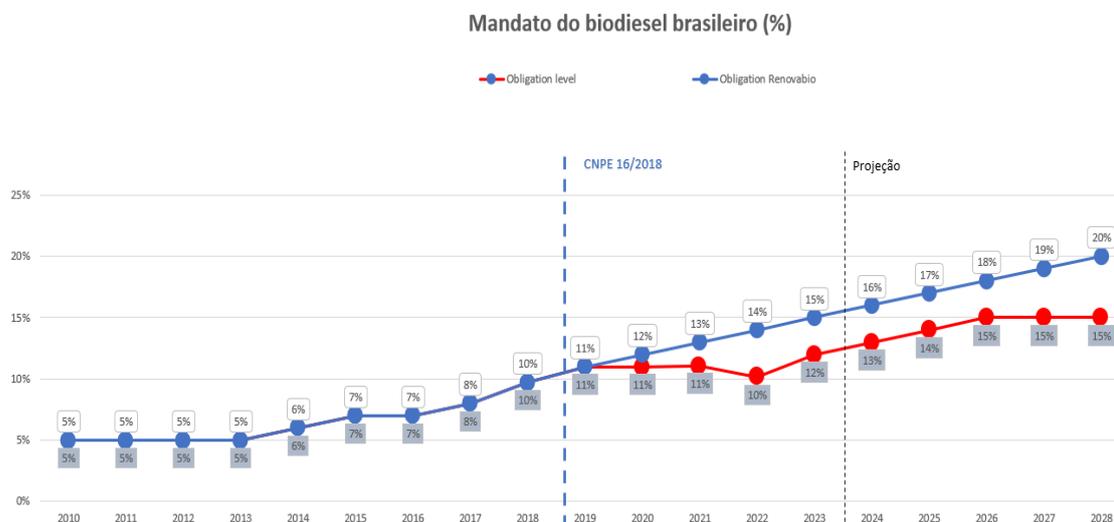
5.4. Discussão sobre o Programa RenovaBio, PNPB e projeções futuras para o biodiesel no Brasil

Segundo BOTTINI (2022), um programa tão inovador como o RenovaBio, que depende de reduções de emissões responsáveis, precisa de um aparato regulatório indisponível até seu estabelecimento. No entanto, o primeiro conjunto de regras e procedimentos de implementação é limitado e precisa ser melhorado. Preocupações estão surgindo sobre esta questão à medida que o programa atinge seu estágio de maturidade e não existe uma abordagem sistemática para revisar essas regras e procedimentos com base em um método científico; portanto, as melhorias nas políticas são resultado de ajustes subjetivos. Ainda segundo o autor citado, de fato, o processo de verificação é complexo e frequentemente sujeito a desentendimentos entre produtores de combustíveis, organismos certificadores e órgão

regulador, motivando frequentes atualizações de regras e procedimentos. As mudanças nas regras são baseadas na percepção de sua importância por parte do regulador.

O Programa surgiu com grande potencial, porém constantemente é refém de alterações que dependem de estrutura política ao qual está inserido e ao governo também que está inserido. Isso foi notado nos últimos anos com as diferentes ações no Programa de acordo com o governo (ora um governo que promovia a redução de emissões, ora governo que publicava *wailleurs* de obrigações de poluidores). Neste contexto, a Figura 40 destaca em azul o plano de evolução do crescimento da mistura de biodiesel após a Resolução do CNPE nº 16/2018, que projetava B15 em 2023, porém com as alterações do governo, houve um atraso para a entrada apenas em 2026, impactando os agentes que investiram no mercado considerando a Resolução.

Figura 40 - Mandato de biodiesel brasileiro entre 2010 e 2023 e a projeção até 2028.



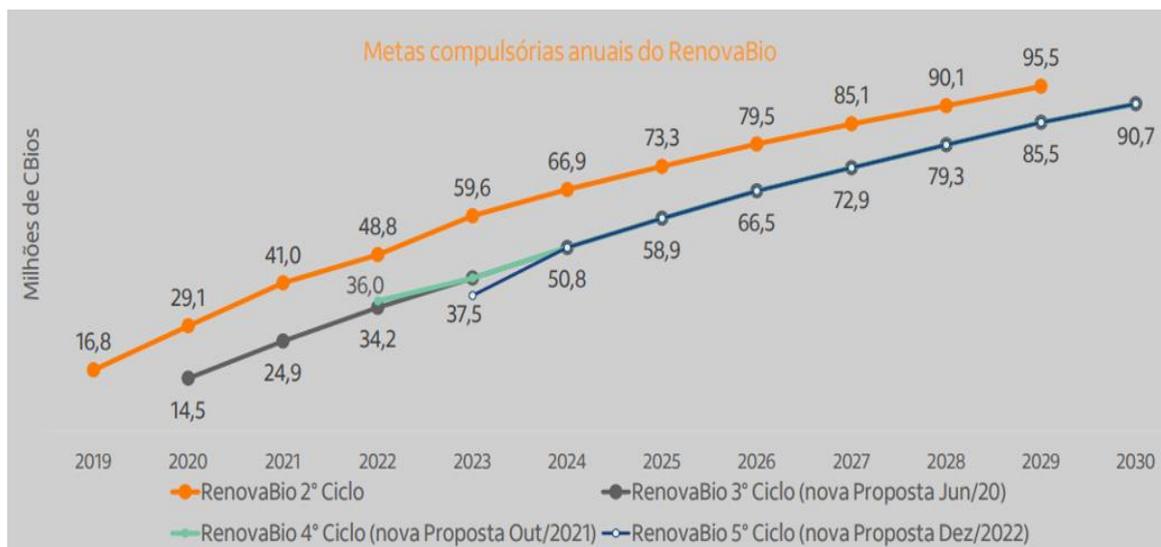
Fonte: Elaboração própria.

Tais ações geram ambientes inseguros para investimento de outros setores no Programa, e com isso acaba reduzindo a velocidade da evolução do mesmo, dependendo praticamente de ações políticas e não também de mercado, como investimento externo, investimento de pessoa física, investimento de fundos, agentes esse que segundo a maturidade do programa se esperava que já estivessem inseridos no RenovaBio.

Segundo relatório do mercado de CBO's do Itaú BBA (2023b), uma Medida Provisória também alterou os prazos do cumprimento do programa RenovaBio. O decreto 11.141/2022 alterou os prazos para a comprovação das metas de aposentadoria pela parte obrigada. Em caráter excepcional, o decreto definiu o dia 30/09/2023 como prazo final para a comprovação do cumprimento das metas compulsórias referentes ao ano de 2022 e definiu

como data limite para os próximos anos o dia 31 de março do ano subsequente. A Figura 41 destaca as metas compulsórias anuais e as alterações que sofreram durante a vigência do Programa RenovaBio.

Figura 41 - Metas compulsórias anuais e suas alterações legislativas no período de vigência do Programa RenovaBio.



Fonte: Itaú BBA (2023b).

Como explicitado na metodologia, uma das principais ferramentas e que permite uma análise estratégica é a análise SWOT, na qual foi feita uma breve reflexão sobre o Programa, conforme explicita a Tabela 21.

Tabela 21 - Análise SWOT do Programa RenovaBio.

Forças	Oportunidades
Política pública estruturada em lei	Entrada de agentes PF
Política de sustentabilidade	Entrada de fundos e agentes externos
Possui parte obrigada a comprar os CBIO's	Transformação de CBIO em um crédito de carbono negociável
Mercado negociado em bolsa de mercadorias	Desenvolver novas rotas e cadeias de geração de CBIO's
Agilidade na certificação	Inclusão de rotas de combustíveis avançados
Fraquezas	Ameaças
Poucas partes obrigadas	Mudança de governo
Multa branda para não cumprimento das metas	Mudança de legislação e regulamentação
Incertezas na “produção” de CBIO's – poucas rotas de geração	Exigência de abertura de números estratégicos de empresa (originação de soja)
Baixa liquidez	Mudança tributária
Insegurança jurídica	
Alterações de metas de descarbonização da parte obrigada	

Fonte: Elaboração própria.

Tal análise permite levantar pontos críticos do RenovaBio, como as constantes mudanças comerciais, mudanças tributárias, de legislação e regulamentação que ameaçam constantemente a continuidade do Programa, assim como suas fraquezas, como insegurança jurídica, baixa multa, baixa liquidez do mercado, e as alterações de metas, com isso não gerando incentivo para um mercado tão importante quando da promoção de sustentabilidade.

Também destaca pontos de forças, como uma política estruturada no arcabouço legal brasileiro, negociado em bolsa de mercadorias, agilidade na certificação e uma política de sustentabilidade, que pode evoluir mais ainda com as oportunidades de incluir novos agentes como pessoa física, fundos e empresas externas, oportunidade de transformar o CBIO em um crédito de carbono para atuação em outros mercado e desenvolvimento de novas rotas produtivas.

O que se pode citar é que o mercado de biodiesel realmente ganhou mais notabilidade com o Programa RenovaBio, e permitiu a produtores de biodiesel, em momentos de dificuldade de mercado ter mais uma possibilidade de receita que é o caso do CBIO's.

Quando se avalia o PNPB como um todo, desde sua criação, notou-se no início segundo Domingues e Damasceno (2008), que da forma como foi concebido, o PNPB não cumpriu o objetivo de inclusão dos agricultores de estrutura familiar na produção de biodiesel. O Selo Social, em realidade, subordina o escoamento da produção do agricultor familiar ao agronegócio, que se toma, assim, uma espécie de "atravessador chapa branca" segundo o autor. A subordinação da renda restringe a capitalização que daria suporte à produção familiar economicamente sustentável.

Já Segundo Domingues (2016), os resultados permitiram afirmar algumas críticas que foram feitas ao PNPB: i) a utilização do grão de soja como base para o mercado de produção do biodiesel, restringindo a viabilidade de outras matérias-primas existentes; ii) o início abrupto do programa do biodiesel sem definição de ações passo-a-passo e estratégias por parte do governo e a construção do programa de biodiesel de forma paternalista, sem ser pelo mercado como acontece com o etanol. No PNPB não havia referência sobre a implantação de indústrias de transformação química em todo o setor da soja (produção de fármacos, resinas, alimentos, ração, etc.) no território nacional, gerando durante o período uma supressão de postos de trabalho no campo, pois foi adotada uma agricultura de precisão totalmente mecanizada, o que leva à falta de geração de empregos mais qualificados associados as indústrias. É de suma importância que novas tecnologias de produção sejam desenvolvidas para que os benefícios advindos da mistura não sejam suplantados pelo custo elevado de aquisição do biodiesel.

Ainda segundo Domingues (2016), o Programa proposto abruptamente, sem definição de ações consequentes e estratégias a longo prazo por parte do governo, permitiu que fosse concebido de forma paternalista, isso levou o biodiesel a não ser regulado pelo mercado, diferentemente do que acontece com o etanol antes da abertura de mercado. O termo "paternalista", neste caso, remete ao capital. A proposta de Keynes (1936) que o Estado deve bancar os prejuízos para proteger a economia global ou local. Da forma como foi formulado, acabou dando brechas para empresas modernas do setor agrícola participarem das isenções fiscais e dos subsídios sem gerarem emprego e renda no campo. Assim também é falsamente paternalista em relação aos pequenos agricultores, porque a renda destes está sempre subordinada aos grandes produtores.

Segundo Petry (2020), o PNPB como política pública precisa ser reavaliado constantemente para entendimento das falhas, traduzidas em termos do afastamento dos seus objetivos iniciais, e as oportunidades para desenvolvimento tecnológico e social do país, visto que é uma política de longo prazo, que tem se mantido consistente na indústria e mercado nacional. Enquanto não é possível implementar princípios de zero carbono no transporte, o biodiesel tem um papel nas metas de redução das emissões assumidas pelo Brasil como equivalente renovável do diesel de petróleo, tendo em vista os planos de elevar a porcentagem de mistura para 15% até 2026, segundo atualizações. O PNPB contribui também para redução da dependência externa em relação ao diesel, promovendo, com isso, a segurança energética e diversificação das fontes de energia a partir de tecnologia e indústria nacional. O mercado de biodiesel possui, entretanto, margens para expandir a inclusão da agricultura familiar, os usos de matérias-primas e oportunidades de desenvolvimento social e regional, inclusive o seu uso paralelo ao regime dos leilões em benefício de comunidades, que ainda é pouco explorado e documentado no país.

Outra questão foi a venda do biodiesel, que ocorria por leilões realizados pela ANP, funcionaram como instrumento para estimular a produção de biodiesel em todo o país. Os leilões desempenharam seu papel e foram de suma importância na fase inicial; contudo, ao final das contas não favoreceram a concorrência no mercado aberto. Fato que o Programa buscou alterar a partir da abertura de mercado em 2022, porém tal abertura permitiu também o distanciamento de políticas públicas do Programa, que foram uma das bases da criação e evolução do mercado de biodiesel.

Apesar do Brasil ter firmado compromisso no Acordo de Paris e existirem políticas que buscam suportar o alcance das metas, nos últimos anos o Brasil vem sendo alvo de severas críticas internacionais quanto ao controle de suas reservas ambientais e emissão de GEE. No ano de 2020 as críticas foram intensificadas com o descontrole de queimadas em diversas regiões do Brasil, aumento do desmatamento e alterações em políticas ambientais (AMATO, 2021).

Segundo Ballesteros (2020), entre as vantagens mais importantes na utilização do biodiesel, podemos citar: i) preservação dos recursos naturais do planeta, por ser considerado uma fonte de energia renovável; ii) com a produção própria de biodiesel, a importação de diesel é reduzida, diminuindo a dependência energética de combustíveis fósseis; iii) reduz a contaminação do solo e os riscos de toxicidade em caso de derramamento acidental, por ser um produto atóxico e biodegradável; iv) seu teor de enxofre é praticamente zero, portanto não

emitirá SO₂ e, portanto, não contribuirá para o efeito da chuva ácida; v) o CO₂ produzido é adicionado pelas plantas durante a fotossíntese, portanto não contribuirá para a emissão de GEE's vi) por ter alto valor lubrificante, facilitará seu uso no pistão dos motores; vii) geralmente, o biodiesel é mais eficiente e mais fácil de produzir do que o diesel convencional viii) este biocombustível pode ser produzido localmente com recursos ou cultivos locais, portanto, sendo uma fonte de energia nativa, ajudará a região com todas as vantagens sociais e econômicas que isso representa.

O mesmo autor destaca algumas desvantagens do biodiesel como contraparte: i) seu custo em relação ao diesel convencional ainda não o torna competitivo; ii) em relação às propriedades técnicas, possui menor poder calorífico; iii) por possuir alto poder solvente, deve ser armazenado em tanques limpos, pois não o fazer pode contaminar os motores com impurezas provenientes dos tanques; iv) apresenta baixas propriedades de frio, o que o torna incompatível com temperaturas muito baixas; v) é corrosivo para algumas variantes de plásticos atualmente usados em alguns motores a diesel, então eles teriam que ser substituídos; vi) possui pontos de fluidez e turvação mais altos, viscosidade cinemática e emissões de NO_x; vii) com relação aos custos de produção, o fator que mais influência no custo final é o da matéria-prima, que representa aproximadamente 60-75% do custo total de produção.

Entretanto temos outros pontos a serem incluídos que traz uma perspectiva mais positiva ao PNPB. Segundo ainda a Embrapa (2023) a produção de biodiesel no Brasil está inserida em cadeias produtivas de alto valor agregado, sendo a soja a principal fonte de matéria-prima, responsável por cerca de 70% dos materiais graxos utilizados na fabricação do biocombustível. O setor também defende medidas como o apoio à agregação de valor à soja brasileira com políticas tributárias que estimulem maior competitividade e neutralizem distorções do comércio internacional de derivados de soja e biodiesel. Considera-se importante promover a valorização das matérias-primas brasileiras com diversificação de oleaginosas e maior aproveitamento de resíduos (gordura animal e óleo de cozinha usado) na produção de biodiesel, a manutenção de linhas de crédito e de programas para expansão sustentável da cultura e da agroindústria da palma de óleo (dendê), além do zoneamento agroecológico para palmáceas brasileiras, como macaúba e babaçu, que promoveriam maior participação no RenovaBio. Ao estimular segundo a entidade o processamento de soja, o biodiesel beneficia indiretamente a produção de proteína animal que exige uma grande quantidade de farelo de soja. Cada ponto percentual a mais de biodiesel na mistura representaria maior produção de farelo. O programa também contribuiu para a sustentabilidade econômica de milhares de

agricultores familiares com efeito direto na manutenção desses agricultores em suas atividades e propriedades. Para o fortalecimento da agricultura familiar integrada à cadeia produtiva do biodiesel por meio do SBS, é fundamental a exigência de que todo o biodiesel utilizado para atendimento da mistura obrigatória seja proveniente de usinas nacionais certificadas.

Ou seja, ampliando as ações no setor de biodiesel, se obtém um benefício direto como os setores de proteína animal, agricultura familiar e de combustíveis, a partir do momento que reduz o impacto financeiro das importações, auxiliando na balança comercial.

Ainda segundo a Embrapa (2023) a crescente demanda que continuará batendo nas porteiras das fazendas brasileiras nas próximas décadas traz, portanto, desafios complexos e interconectados, expressos em alguns temas centrais: erradicar a fome, alcançar a segurança nutricional, gerir de forma sustentável os recursos hídricos e proteger e restaurar os ecossistemas terrestres. Para alcançá-los, as políticas alimentar e agrícola precisam se tornar mais holísticas, equilibrando-se entre produtividade, meio ambiente e saúde humana. O mesmo equilíbrio deve ser buscado nas oportunidades aos produtores com diferentes portes para que participem desse mercado em expansão, ajudando na resposta a essa demanda. Impõe-se, assim, o desafio da inclusão no agronegócio, em suas diferentes frentes.

Outra ação fundamental para a inclusão é abrir caminhos para que os pequenos produtores incorporem práticas sustentáveis ao seu cotidiano produtivo, que seriam um incentivo a partir do momento que tais práticas permitirão maior emissão de créditos de descarbonização. Sem elas, eles ficarão cada vez mais distantes das exigências de um mercado consumidor também em transformação. Porém, não se faz transição de modelo produtivo sem apoio técnico, sobretudo ao pequeno produtor. Grandes grupos agrícolas já avançam nessa transição e estão na dianteira na adoção das práticas de baixo carbono. Segundo o EPE (2021b), outro ponto a ser citado sobre o SBS e o PNPB, é que ele está ligado a Agenda 2030, com as ações da agricultura familiar e diversificação das matérias-primas no mercado de biodiesel se conectando às ODS (Figura 42).

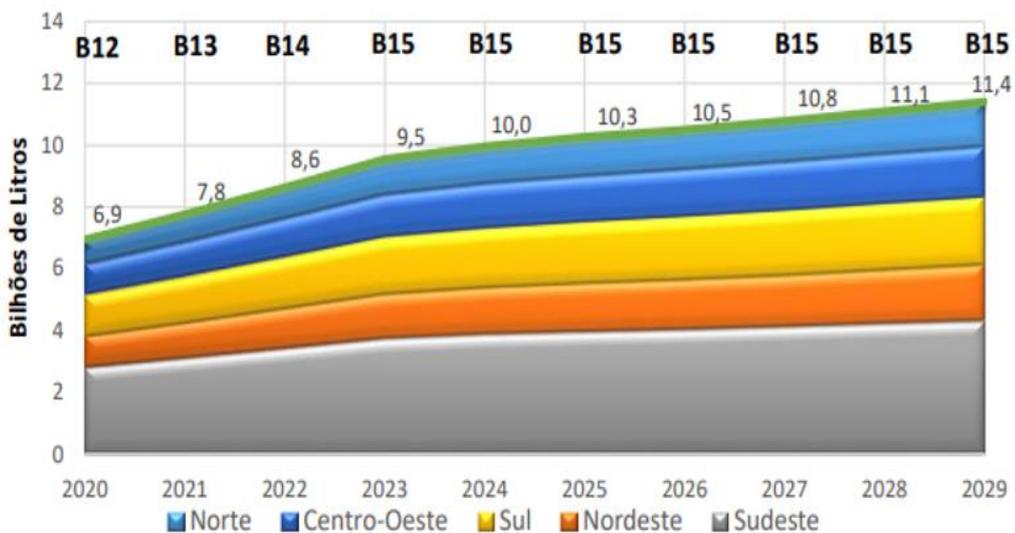
Figura 42 - Panorama Agricultura Familiar e a Agenda 2030.



Fonte: EPE (2021b).

O PNPB se torna com isso importante vetor de mudança promovendo sustentabilidade, combate a fome e a desigualdade, e transição energética. Projeções de aumento de mistura evidenciadas já pelo governo, podem trazer uma evolução natural do programa, em aumento de participantes e aumento de produção, que trariam maiores benefícios com os pontos da evidenciados no estudo. A Figura 43, a seguir, apresenta uma projeção do EPE (2020) de aumento da mistura se mantendo em B15 até 2029, atingindo a produção de 11,4 bilhões de litros de biodiesel.

Figura 43 - Projeção de demanda de biodiesel.



Fonte: MME (2020).

Porém tal evolução de demanda de biodiesel só é possível com a atuação de todos os agentes mercadológicos dentro do setor, tanto os agentes privados quanto públicos, que junto podem construir um Programa cada vez mais duradouro na evolução da agricultura e segurança energética nacional.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista tudo que foi apresentado, vale destacar que cada vez mais a preocupação da população e da comunidade científica tem sido mais expressiva em relação às mudanças climáticas, visto os impactos evidenciados ao redor do globo, com o aumento do número de eventos que geram prejuízo e intensificam as disparidades econômicas que vemos hoje.

Por isso é muito importante a busca de alternativas que gerem menos consequências (ou até anulem) com a intenção de minimizar a mudança climática.

Uma das alternativas buscadas tem sido o investimento acadêmico, científico e econômico na busca da transição energética, trazendo soluções para as questões ambientais ao mesmo tempo que permite o uso de energia de maneira mais racional.

Quando trazemos à tona a transição energética, um dos setores que mais poluem atualmente é o setor de transportes, e dentro deste, a pesquisa tem buscado combustíveis alternativos (os biocombustíveis) aos combustíveis fósseis e extremamente poluentes hoje utilizados. Tal transição é ainda dependente de políticas públicas que promovam o investimento e uso de biocombustíveis, sendo talvez o principal obstáculo para um desenvolvimento maior dos combustíveis renováveis no setor de transporte. Uma política pública eficiente, de longa duração e que dê previsibilidade é primordial para sustentabilidade de qualquer negócio no setor.

O biodiesel, entre outros biocombustíveis, tem aflorado cada vez mais como um importante vetor ambiental e econômico, a partir do momento que diversos países possuem incentivos para seu uso, trazendo retorno muito positivo às empresas produtoras e consequentemente benefícios globais, e regionais, gerando renda para a agricultura.

Apesar do crescimento produtivo do biodiesel globalmente, ainda se torna necessário pesquisa e desenvolvimento, de novos combustíveis que causem menos impacto, uma vez que ter um efeito nulo de poluição é praticamente impossível.

No caso do biodiesel, uma vez que depende de fontes agrícolas para sua produção, uma das consequências evidenciadas são as implicações sociais, ambientais de mal uso da terra e de recursos, além de trazer grandes companhias a esses mercados, o que acaba prejudicando agricultores menores de participarem desses benefícios como foi discutido no texto.

O biodiesel também ainda não “emplaca” como um substituto do diesel, em quantidades maiores, pois ainda precisa de uma conexão e sinergia de mais setores adjacentes

para que auxiliem no cumprimento desse papel. Isso significa por exemplo, investimento em tecnologia de motores do ciclo Diesel, que permitam o uso maior da mistura (algo que tem sido pesquisado para uso no Brasil entre B15 e B20); políticas que permitam maiores usos sazonais do produto em regiões que o combustível fóssil é mais caro para utilização; incentivos políticos a produtos nacionais, que impeça a entrada de produtos importados, como matéria-prima e biodiesel de outros países que possuem uma estrutura logística mais eficiente, e assim um produto mais competitivo.

Além disso, a disputa alimento x energia, emergida nos últimos anos com os aumentos de preços de alimentos, devido ao uso maior dos produtos agrícolas no mercado e energia renovável, tem sido uma das principais discussões para avaliar como conseguir alimentar a população com preços acessíveis, e ao mesmo tempo fluir com uma transição energética que possa beneficiar a mesma.

Um dos pontos que podem ser citado sobre o tema, é que investir e pesquisar sobre reciclagem e uso de resíduos, se torna primordial para a sustentabilidade global, pela capacidade de se reutilizar, gerar renda e ao mesmo tempo diminuir os impactos ambientais. Programas que incentivam uso de resíduos podem ser um interessante caminho para a busca de uma solução sustentável.

Entretanto, um ponto a ser levantado seria discutir futuramente o porquê de o sebo bovino ter “carga zero” de emissões no programa RenovaBio, uma vez que é inegável que o processo de criação e abate do animal possui uma grande carga de emissão do carbono. Mesmo com a captura pela pastagem, temos fluxos de emissões que são descartadas na via estudada, e que penalizam apenas a carne produzida, e não o resíduo animal. Uma análise futura seria talvez uma proporção de emissões de toda a cadeia animal, do poço a roda, divididos com os produtos e subprodutos do abate de carne. Ele é sim um programa que incentiva resíduos (sebo bovino) que eram descartados a ser reaproveitados em um mercado em evolução, mas que necessita de estudos aprofundados para melhoria e modificações futuras.

O Programa RenovaBio, como criado e citado, foi um importante veículo de promoção de sustentabilidade, a partir do momento que premia o produtor de biocombustível, no caso redutor de poluição, e penaliza, gera uma obrigação de redução de impacto ambiental (no caso emissão de GEE) por parte do poluidor. Entretanto como toda política pública, carece de um período para maturação, e pesquisa, para que promovam discussões sobre como desenvolver e envolver mais agentes na participação desse Programa, gerando liquidez e promovendo sustentabilidade.

O trabalho buscou trazer à tona essa discussão, do quanto podemos pensar em alternativas que tragam melhor resultado, mas não só isso, gerem também redução de emissões e renda para agentes envolvidos em toda a cadeia analisada. E isso não passa apenas pelo processo produtivo, mas passa também pelo agricultor familiar, no início do ciclo, que pertence a um Programa – o PNPB – mais maduro e que por anos tem trazido renda e atingido um de seus principais pilares, que é a evolução do pequeno produtor rural.

Não apenas a esse, mas um programa e uma política pública estruturada também promove a entrada de agentes externos, trazendo mais liquidez e investimento para o setor, criando um ciclo sustentável.

Claro que, como toda política pública, estamos de certa maneira reféns de estruturas de governo – leia-se, eleição de novos governos – que não analisam muitas vezes o contexto do Programa e tomam decisões que fazem regredir o que levou anos para ser atingido. Por isso, torna-se importante promover uma grande discussão para inserção destes programas que promovam receita para uma agricultura sustentável. E promover uma legislação eficiente e duradoura para Programas como o PNPB e o RenovaBio, sempre se adaptando as mudanças mercadológicas, mas sem deixar de ser um transmissor de políticas ambientais e sociais sustentáveis.

A partir da promoção da política pública, empresas tomam diversas decisões para buscar avanço sustentável financeiramente e desenvolvimento no mercado de trabalho regionalmente (gerando mais empregos), onde estão inseridas. Uma das principais decisões passa pela escolha da matéria-prima que traga melhor retorno à empresa, quando avaliado a relação preço do produto no mercado, para aquisição, e o que ele pode gerar de receitas de créditos de descarbonização (CBIO's), no Programa RenovaBio.

O estudo promoveu uma análise econômica do quanto o sebo bovino pode ser mais rentável em comparação ao óleo de soja, para produção de biodiesel. A partir do preenchimento da Renovacalc, para rota de produção de biodiesel por transesterificação, pudemos notar que o sebo bovino, por se tratar de um resíduo e não trazer as emissões de sua produção (no início do seu ACV), ou seja, entrar no processo de fabricação de biodiesel com “carga zero” de emissão de carbono, possui uma intensidade de emissão muito menor que a do óleo de soja degomado, reduzindo 39% mais emissões que de seu produto concorrente. Em resumo, para cada CBIO produzido a base de óleo de soja, pode ser produzido 1,7 CBIO's de sebo, quando usado os parâmetros da usina hipotética avaliada. A maior receita que foi verificada com uso de sebo bovino no trabalho foi de aproximadamente R\$ 13 milhões a mais que a produção de biodiesel

a base de óleo de soja – isso apenas com a produção maior de CBIO's – ou R\$ 56,83/m³, que convertido em toneladas seria de R\$ 64,58/t. Ao considerarmos o preço médio de sebo bovino no período, de R\$ 4.002,59, tal receita de CBIO's representou 1,63% do custo de aquisição do resíduo. E com isso utilizar a seguinte análise de preço: Psebo – 1,63% < Póleo (3).

Mesmo com a redução do custo de aquisição da gordura animal, pela receita de CBIO's, notou-se que teve um impacto de redução de custo de aquisição, porém que não foi o suficiente para reduzir o spread nos momentos que o resíduo foi mais caro que o óleo de soja no período. Com isso podemos verificar que no estudo realizado, o preço do sebo bovino mesmo com o desconto devido a receita maior com os CBIO's, foi menor que o do óleo de soja no período, mostrando a preferência pelo produto no momento do *trade-off*, ou seja, da escolha da matéria-prima. Entretanto essa análise pode se modificar ao longo do tempo, devido a volatilidade dos componentes que precificam o óleo de soja e CBIO's, então faz-se necessário refazer o cálculo para que tenha mais assertividade caso tenhamos mudanças drásticas de preço no mercado.

Trazendo para a questão ambiental, um dos principais pilares do Programa RenovaBio, notou-se que, quando comparado com o combustível fóssil, o biodiesel produzido a partir de óleo de soja reduziu 55% o GEE's, e o produzido de sebo bovino reduziu 94% quando comparado ao diesel fóssil. Esses dados reforçam a importância em pesquisa e investimento para o uso de matérias-primas alternativas ao óleo de soja (principalmente as gorduras animais e matérias residuais possíveis de serem usados para produção de biodiesel), uma vez que promove uma diminuição das emissões, fato primordial para cumprimento das metas do país com Acordo de Paris, e em uma promoção de sustentabilidade.

Citando que ambientalmente é uma escolha interessante o uso de sebo bovino, que existem leis que permitem seu uso e produção de biodiesel, que existem metas de redução de GEE's que são potencializadas com o uso dessa matéria-prima (e que temos essa necessidade de redução), um dos principais entraves é a imprevisibilidade legislativa, já discutida no trabalho, que torna incerto ao investidor atuar no setor. Seria importante discussões de planos de longo prazo que facilitem o processo de investimento e atração de mão-de-obra especializada para evolução do biodiesel, além de promover uma análise mais completa por aquele agente que quer atuar nesse mercado.

Entretanto, temos certas barreiras que ainda não permitam uma maior utilização desse produto pelo produtor de biodiesel no Brasil: i) produção ainda desse insumo não chega a quantidade de produção da soja nesse momento, necessitando de maiores investimentos para

aproveitamento desse resíduo por outras indústrias, não só de sebo bovino, mas gorduras como óleo de frango, graxa suína (porco); ii) o preço do sebo bovino, por ter ainda uma produção reduzida, a partir do momento que sua demanda aumenta não só no setor de biodiesel mas em outros setores (ex: higiene) acaba impactando o preço e se tornando inviável em alguns momentos como visto no trabalho; iii) a qualidade do sebo bovino, ainda é muito informal, ou seja, não temos um padrão nacional e de controle que permita a profissionalização de quem vende esse produto, tornando-se apenas uma discussão bilateral entre comprador e vendedor; iv) informalidade de abatedouros, que sem controle, vendem um produto de péssima qualidade e sem a normas internacionais de produção; e v) CFPP, como citado, que não permite que ele seja utilizado em regiões frias, conforme legislação da ANP.

Trabalhos como este promovem uma discussão sobre premissas importantes para o setor, a partir do momento que influencia a tomada de decisão e sustentabilidade da unidade produtiva, ou seja, permite a aplicação do mesmo no setor de biodiesel. Por isso expandir a análise para trabalhos futuros pode ser de muita valia para a sociedade, como por exemplo, analisar o impacto social do uso de diferentes matérias-primas, ou o quanto a diversificação de oleaginosas e gorduras podem trazer rentabilidade, a partir do momento que produzem um percentual de óleo mais alto na produção.

Mesmo que tenhamos experiência que comparem o uso de óleo de soja e sebo bovino para a produção de biodiesel, o trabalho traz mais uma ferramenta para o produtor, que terá em sua mão a aquisição da matéria-prima, e traz o item CBIO para a base de cálculo, mostrando o peso que tem para o resultado da companhia.

Assim, além da escolha da matéria-prima, também se faz necessário cada vez mais estudos na área, que possam trazer luz ao desenvolvimento sustentável no país, com uma transição energética segura, que garanta o abastecimento, desenvolvimento econômico e ao mesmo tempo a evolução regionalizada, para que aquele agricultor familiar no campo se faça pertencido, e que todos os agentes participantes do programa consigam gerar renda para si, sustentabilidade para o sistema, e preservação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOISSA COMMODITIES BROKERS. Disponível em: <<https://www.aboissa.com.br/pt/>>. Acesso em 10/12/22.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Painel dinâmico do biodiesel.** Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMjgzZDIINTktOTAyMC00ZTA4LTkyODItYjQwNDhjODA1N2JmIiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTl0YTYtNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzIxMyJ9>>. Acesso em 06/04/2023a.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Relatório dinâmico de Autorizações: Produtores de Biocombustíveis.** Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZWZDI4YjEtOTliMi00NDY5LWJjZDktMTA0MTEzOGYzOGJiIiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTl0YTYtNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzIxMyJ9&pageName=ReportSection>>. Acesso em 06/04/2023b.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Renovabio.** 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/Renovabio>>. Acesso em 15/02/22a.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Renovacalc,** 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/Renovabio/Renovacalc>>. Acesso em 17/02/22b.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Informações de mercado, 2020.** Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel/biodiesel/informacoes-de-mercado>>. Acesso em 17/02/22c.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Informações de Mercado - Biodiesel.** Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel/biodiesel/informacoes-de-mercado>>. Acesso em 18/02/22d.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Renovabio.** Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/Renovabio>>. Acesso em 06/06/2021.

AMATO, G. C. **Rastreabilidades na cadeia do biodiesel com uso da tecnologia de Blockchain.** Dissertação de Mestrado: Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas – EESP (FGV), São Paulo, 2021.

ANDRÉS, F. H. I. **Estudio Técnico de un Sistema de Producción para la Obtención de Biodiesel a Partir del Aceite de Semillas de Jatropha Curcas (Pinón) para la Controbuición de Câmbio de Matriz Energética.** Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2016.

ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; JUNIOR, J. Z.; ÁVILA, A. M. H. **Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil**. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 39 (11), p. 1057-1064, 2004.

ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE BIOCOMBUSTÍVEIS DO BRASIL (APROBIO). **Biodiesel e suas propriedades**. Disponível em: <<https://aprobio.com.br/noticia/biodiesel-e-suas-propriedades#:~:text=O%20poder%20calor%C3%ADfco%20do%20biodiesel,petr%C3%B3leo%20classificado%20como%20N%C3%BAmero%20.>>. Acesso em 12/02/23.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS (ABIOVE). **Estatísticas**. Disponível em: <www.abiove.org.br/estatisticas>. Acesso em 17/06/23.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTOS DE HIGIENE & LIMPEZA E AFINS (ABISA). Disponível em: <<https://abisa.com.br/>>. Acesso em 10/05/23.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECICLAGEM ANIMAL (ABRA). **Conheça o setor**. Disponível em: <<https://abra.ind.br/conheca-o-setor/>>. Acesso em 10/02/22.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECICLAGEM ANIMAL (ABRA). **Anuário ABRA – setor de reciclagem animal 2020**. Disponível em: <<https://abra.ind.br/anuario2020/>>. Acesso em 10/02/22.

BALLESTEROS, E. G. **Estudio y Análisis de la Obtención de Biodiésel a Partir de Jatropha Curcas y Aplicación a los Motores de Combustión Interna Alternativo**. Dpto. Ingeniería Energética – Universidad de Sevilla. Sevilla, 2020.

BELLODI, V. C. **O que mudou com a nova resolução do Renovabio**. *Revista Óleos & Gorduras: grãos & derivados*. Editora Stilo, ano 5, Edição 28, pg 12-13, 2019.

BERMANN, C. **As novas energias no Brasil: dilemas da inclusão social e programas de governo**. Rio de Janeiro: FASE, 2007.

BERMANN, C. **Crise ambiental e as energias renováveis**. *Ciência e Cultura*, v. 60 n. 3, p. 20-29, 2008.

BIODIESELBR. **As usinas de biodiesel do Brasil**. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/usinas_brasil>. Acesso em 21/02/23.

BIODIESELBR. **CBIO's atingem preço médio de R\$ 144,24 na primeira quinzena de julho**. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/noticias/regulacao/rbio/CBIO's-atingem-preco-medio-de-r-144-24-na-primeira-quinzena-de-julho-190723>>. Acesso em 01/07/23b.

BOTTINI, F. **Improving Greenhouse Gases Market-Based Mitigation Programs: A Case Study of Renovabio - the Brazilian Renewable Fuels Program**. Master's thesis, Harvard University Division of Continuing Education, 2022.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). **Resolução ANP nº 14, 11 de maio de 2012.** Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=274067>>. Acesso em: 10/10/22.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). **Resolução ANP nº 45, 25 de agosto de 2014.** Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/?path=legislacao-anp/resol-anp/2014/agosto&item=ranp-45-2014>>. Acesso em: 10/10/21.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). **Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017.** Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/?path=legislacao-federal/leis/2017&item=lei-13.576--2017>>. Acesso em 10/10/21.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). **Resolução nº 791, de 12 de junho de 2019.** Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/?path=legislacao-anp/resol-anp/2019/junho&item=ranp-791-2019>>. Acesso em 13/10/21.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). **Resolução ANP nº 802, de 05 de dezembro de 2019.** Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/?path=legislacao-anp/resol-anp/2019/dezembro&item=ranp-802-2019>>. Acesso em: 13/10/21.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). **Resolução nº 857, de 28 de outubro de 2021.** Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-anp-n-857-de-28-de-outubro-de-2021-355828444>>. Acesso em 13/02/22.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). **Resolução nº 920, de 04 de abril de 2023.** Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anp-n-920-de-4-de-abril-de-2023-475197674>>. Acesso em 13/05/23.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). **Despacho nº 740, de 12 de julho de 2023.**

BRASIL. Casa Civil. **Lei nº 10.637, de 30 de dezembro de 2002. Dispõe sobre a não-cumulatividade na cobrança da contribuição para os Programas de Integração Social (PIS) e de Formação do Patrimônio do Servidor Público (Pasep), nos casos que especifica; sobre o pagamento e o parcelamento de débitos tributários federais, a compensação de créditos fiscais, a declaração de inaptidão de inscrição de pessoas jurídicas, a legislação aduaneira, e dá outras providências.** Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110637.htm>. Acesso em: 10/10/2022.

BRASIL. Casa Civil. **Lei nº 10.833, de 29 de dezembro de 2003. Altera a Legislação Tributária Federal e dá outras providências.** Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/110.833.htm>. Acesso em: 10/10/2022.

BRASIL. Casa Civil. **Lei nº 10.925, de 23 de julho de 2004. Dispõe sobre a Reduz as alíquotas do PIS/PASEP e da COFINS incidentes na importação e na comercialização do mercado interno de fertilizantes e defensivos agropecuários e dá outras providências.**

Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.925.htm>. Acesso em: 10/10/2022.

BRASIL. Casa Civil. **Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm>. Acesso em: 10/10/2021.

BRASIL. Casa Civil. **Lei nº 11.116, de 18 de maio de 2005. Dispõe sobre o Registro Especial, na Secretaria da Receita Federal do Ministério da Fazenda, de produtor ou importador de biodiesel e sobre a incidência da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins sobre as receitas decorrentes da venda desse produto.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111116.htm#art18>. Acesso em: 10/10/2021.

BRASIL. Casa Civil. **Lei nº 12.058, de 13 de outubro de 2009.** Dispõe sobre a prestação de apoio financeiro pela União aos entes federados que recebem recursos do Fundo de Participação dos Municípios - FPM, no exercício de 2009, com o objetivo de superar dificuldades financeiras emergenciais. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112058.htm>. Acesso em: 10/01/23.

BRASIL. Casa Civil. **Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014.** Dispõe sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Lei/L13033.htm>. Acesso em: 10/10/21.

BRASIL. Casa Civil. **Lei nº 13.263, de 23 de março de 2016.** Dispõe sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/113263.htm>. Acesso em: 10/10/21.

BRASIL. Casa Civil. **Decreto nº 5.996, de 20 de dezembro de 2006.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5996.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%205.996%2CDE%2020,de%202006%2C%20e%20o%20art.>. Acesso em: 10/10/2021.

BRASIL. Casa Civil. **Decreto nº 7.768, de 27 de junho de 2012.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/D7768.htm>. Acesso em: 10/01/2023.

BRASIL. Casa Civil. **Decreto nº 9.888, de 27 de junho de 2019.** Disponível em: EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9888.htm#:~:text=D9888&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20defini%C3%A7%C3%A3o%20das,Nacional%20de%20Biocombust%C3%ADveis%20%2D%20Comit%C3%AA%20Renovabio.> Acesso em: 10/10/2021.

BRASIL. Casa Civil. **Decreto nº 9.964, de 8 de agosto de 2019.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9964.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%209.964%2C%20DE%](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9964.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%209.964%2C%20DE%20)>

208,Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de%20Biocombust%C3%ADveis%20%2D%20Renovabio.> Acesso em: 10/10/2021.

BRASIL. Casa Civil. **Decreto n° 10.527, de 22 de outubro de 2020.** Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.527-de-22-de-outubro-de-2020-284690266>>. Acesso em: 10/02/22.

BRASIL. Casa Civil. **Decreto n° 10.102, de 6 de novembro de 2019.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D10102.htm> Acesso em: 10/02/2022.

BRASIL. Casa Civil. **Decreto n° 10.708, de 28 de maio de 2021.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/decreto/D10708.htm#:~:text=NR\)-,Art.,Par%C3%A1grafo%20%C3%BAnico](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/decreto/D10708.htm#:~:text=NR)-,Art.,Par%C3%A1grafo%20%C3%BAnico)>. Acesso em: 10/02/22.

BRASIL. Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). **Resolução n° 16, de 29 de outubro de 2018.** Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/arquivos/2018/resolucao_16_cnpe_29-10-18.pdf>. Acesso em: 13/10/21.

BRASIL. Conselho Nacional de Políticas Energéticas (CNPE). **Resolução n° 15, de 24 de junho de 2019.** Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/documents/36074/252491/Resolu%C3%A7%C3%A3o_CNPE_15_2019_Renovabio.pdf/7d734273-ff6c-980c-d618-477297db54bb>. Acesso em 13/10/2021.

BRASIL. Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). **Resolução n° 08, de 18 de agosto de 2020.** Disponível em: <<https://ubrabio.com.br/2020/09/10/resolucao-cnpe-no-8-de-18-de-agosto-de-2020-reducao-de-metas-do-Renovabio/>>. Acesso em: 13/02/22.

BRASIL. Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). **Resolução n° 14, de 9 de dezembro de 2020.** Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/despacho-do-presidente-da-republica-296859038>>. Acesso em: 13/02/22.

BRASIL. Conselho Nacional de Políticas Energéticas (CNPE). **Resolução n° 17, de 05 de outubro de 2021.** Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=422578>>. Acesso em 13/01/2022.

BRASIL. Conselho Nacional de Políticas Energéticas (CNPE). **Resolução n° 13, de 08 de dezembro de 2022.** Disponível em: <<https://static.poder360.com.br/2022/12/metas-compulsorias-auais-reducao-emissoes-gases-efeito-estufa.pdf>>. Acesso em 13/01/2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Portaria n° 144, de 22 de julho de 2019.** Disponível em: <<https://portal.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-144-de-22-de-julho-de-2019-203419910>>. Acesso em: 15/05/21.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Selo Biocombustível Social Safra 2019/2020.** Brasília, 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Portaria nº 280, de 27 de maio de 2022**. Disponível em: <<https://in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-saf/mapa-n-280-de-27-de-maio-de-2022-403689855>>. Acesso em: 15/05/23.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/biodiesel/programa-nacional-de-producao-e-uso-do-biodiesel-pnpb#:~:text=O%20PNPB%20%C3%A9%20um%20programa,gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20emprego%20e%20renda.>>. Acesso em: 21/10/21.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). **MAPA disponibiliza novas ferramentas online para usuários do Selo Combustível Social**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-disponibiliza-novas-ferramentas-online-para-usuarios-do-selo-combustivel-social>>. Acesso em: 15/03/22.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA). **Instrução Normativa (IN) nº 01, de 19 de fevereiro de 2009**. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=78149>>. Acesso em: 13 out. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Resolução nº 758, de 23 de novembro de 2018**. Disponível em: <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52003440/do1-2018-11-27-resolucao-n-758-de-23-de-novembro-de-2018-52003305>. Acesso em: 13 out. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Decreto nº 11.141, de 21 de julho de 2022**. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-11.141-de-21-de-julho-de-2022-417054252>>. Acesso em: 15/03/23.

BROADCAST AGRO. Disponível em: <<http://broadcast.com.br/produtos/broadcast-agro/>>. Acesso em 10/05/23.

BRUNDTLAND, G. H. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. 1987. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>>. Acessado em 12 de jun. 2022.

BUENO, C. R. F.; FREITAS, S. M.; NACHILUK, K. **Produção e aplicações do sebo bovino**. Textos para Discussão 32: 1-17, 2012.

CARDOSO, L. C. B.; BITTENCOURT, M. V. L.; PORSSE, A. A. **Demand for light fuels in Brazil: an approach using spatial panel data models**. Nova Economia. Belo Horizonte, 2020. Vol. 30, n 1, pg 231-256.

CANZIANI, J. R.; GUIMARÃES, V. D. A. **Venda no momento certo garante melhores preços**. Agronegócio: Visão agrícola nº 5, 2006.

CENTRO BRASILEIRO DE INFRAESTRUTURA (CBIE). Disponível em: <<https://cbie.com.br/artigos/como-e-feita-a-distribuicao-de-combustiveis-no-brasil/>>. Acesso em: 12 out. 2022.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA DO INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (CENBIO/USP). **Relatório Final. Projeto BIOACV – Comparação da ACV de biodiesel produzido a partir de óleo de soja e gordura bovina via rota metálica e etílica.** São Paulo, 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** Sétimo levantamento, 10 (7), 1-106, Brasília, 2023.

DOMINGUES, M. S.; DAMASCENO, M. P. S. **Análise da utilização das oleaginosas-dendê, mamona e soja para a viabilidade de implantação do Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel (PNPB).** Monografia de Especialização em Gestão Ambiental Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

DOMINGUES, M. S. **A Soja no Contexto do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB).** Tese de Doutorado: Departamento de Geografia Física – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Balço de emissões de CO₂ por biocombustíveis no Brasil: histórico e perspectivas.** Embrapa Soja, Londrina, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **O futuro da agricultura brasileira: 10 visões.** Superintendência Estratégica, Brasília, 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Renovabio: Biocombustíveis 2030. Nota Técnica: Regras de comercialização.** Rio de Janeiro, 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Impactos da pandemia de Covid-19 no mercado brasileiro de combustíveis: Reflexos na demanda de combustíveis, na oferta de derivados de petróleo, no setor de biocombustíveis, e análises sobre a arrecadação.** Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balço Energético Nacional: 2021.** Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2021a.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Nota Técnica: Análise de conjuntura dos biocombustíveis: ano 2020.** Rio de Janeiro, 2021b.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balço Energético Nacional: 2022.** Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Ministério de Minas e Energia (MME) - **Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2031.** Rio de Janeiro, 2022b.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balço Energético Nacional: 2023.** Relatório Síntese 2023, Rio de Janeiro, 2023.

ESTEVEES, V. P. P.; ESTEVEES, E. M. M.; BUNGENSTAB, G. L. D. F.; ARAÚJO, O. de Q. F.; MORGADO, C. do R. V. **Assessment of greenhouse gases (GHG) emissions from the**

tallow biodiesel production chain including land use change (LUC). Journal of Cleaner Production 151, 578-591, 2017.

FAZZI, L. R. **A Mitigação das Mudanças Climáticas no Contexto do Acordo de Paris e da Regulação de Biocombustíveis: Análise Comparativa dos Modelos Adotados no Brasil e nos EUA.** Dissertação de Mestrado: Instituto de Energia e Ambiente (IEE)/USP, São Paulo, 2018.

FILHO, D. B. F.; JÚNIOR, J. A. da, S. **Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r).** Revista Política Hoje, vol. 18 (1), 2009.

FRACALANZA, A. P.; SIMÕES, A. F.; MORSELLO, C.; ADAMS, C.; ARAUJO de, L. G.; CARVALHO de, M. B.; TORRES, P. H. C.; ZANIRATO, S. H.; DIAS, S. L. F. G. **Sociedade, meio ambiente e cidadania em tempos de pandemia.** Editora Edgard Blücher Ltda, 2022.

FRANÇA, F. C.; DALCHIAVON, F. C. **Utilização de sebo bovino em substituição ao óleo de soja para a produção de biodiesel.** Trabalho de obtenção de título de especialista em MBA em Agronegócios. Esalq/USP. Piracicaba, SP, 2017.

FREIRE, L. **Biodiesel: O biocombustível assume cada vez mais importância na matriz energética brasileira, mas ainda há muito trabalho e conquistas a serem obtidas.** Revista Óleos & Gorduras, Grãos & Derivados, Editora Stilo, ano 5, Edição 28, pg 30-33, 2019.

FREIRE, L. **Sebo bovino: A matéria-prima é cada vez mais estratégica na cadeia produtiva do biodiesel.** Revista Reciclagem Animal: Graxaria Brasileira. Editora Stilo, ano 15, Edição 86, pg 34-37, 2022.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). **Ferramenta de estimativa de gases de efeito estufa para fontes intersetoriais (Ferramenta GHG Protocol v.2017.3).** Centro de Estudos em Sustentabilidade da EAESP (2017). Disponível em: <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Ffeasp.fgv.br%2Fsites%2Ffeasp.fgv.br%2Ffiles%2Fu641%2Fferramenta_ghg_protocol_v2022.1.1.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK>. Acesso em: 09 jun. 2021

GARCILASSO, V. P. **Análise entre processos e matérias-primas para a produção de biodiesel.** Tese de Doutorado: Programa de Pós-Graduação em Energia – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

GARDEBOREK, C.; REIMER, J. J.; BALLER, L. **The Impact of Biodiesel Policies on Crop Acreages in Germany and France.** Journal of Agricultural Economics, v. 68, n. 3, p. 839-860, 2017.

GHESTI, G. F.; DE MACEDO, J. L.; DIAS, J. A.; DIAS, S. C. L. **Produção de biodiesel via transesterificação etílica com zeólitas básicas.** Quim. Nova 35 (1): p. 119-123, 2012.

GOLDEMBERG, J.; GUARDABASSI, P. **Burden sharing in the implementation of the Climate Convention.** Energy Policy 81, 56-60, 2015.

GOULART, B. S.; ALVIM, A. M. **A comercialização de créditos de carbono e seu impacto econômico e social.** Porto Alegre: A revista acadêmica da FACE v. 22 (1), p. 72-88, 2011.

GOUVEIA, L.; OLIVEIRA, A. C.; CONGESTRI, R.; BRUNO, L.; SOARES, A. T.; MENEZES R. S.; FILHO, N. R. A.; TZOVENIS, I. **Microalgae-Based and Bioproducts**. Woodhead Publishing Series in Energy, pg 235-258, 2017.

HOBBSAWN, E. J. **Era dos Extremos: o breve século XX: 1914-1991**. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

HOLANDA, A. **Biodiesel e Inclusão Social. Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica da Câmara dos Deputados, 2004** – Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (NAE). Biocombustíveis. Brasília, 2005.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2014: Synthesis Report**, 2014. Disponível em: <<https://archive.ipcc.ch/report/ar5/syr/>>. Acesso em: 21 jan. 2022.

ITAÚ BBA. **Biodiesel: alteração da mistura e seus impactos. Radar Agro**. Consultoria Agro Itaú BBA, 2023.a

ITAÚ BBA. **Monitoramento Quinzenal – Renovabio: 1º quinzena de março de 2023. Radar Agro**. Consultoria Agro Itaú BBA, 2023.b

KIM, H. S.; KOO, W. W. **Factors affecting the carbono allowance Market in the US. USA: Energy Policy** 38, p. 1879-1884, 2010.

KLEIN, B. C.; CHAGAS, M. F.; WATANABE, M. D. B.; BONOMI, A.; FILHO, R. M. **Low carbon biofuels and the New Brazilian National Biofuel Policy (Renovabio): A case study for sugarcane mills and integrated sugarcane-microalgae biorefineries**. Renewable and Sustainable Energy Reviews 115, 2019.

KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J. & RAMOS, L. P. **Manual de biodiesel**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

LEVY, G. **A inserção do sebo bovino na indústria brasileira do biodiesel: análise sob a ótica da Economia dos Custos de Transação e da Teoria dos Custos de Mensuração**. Dissertação de Mestrado: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Esalq/USP, 2011.

LIMA, A. M. de. **Estudos recentes e perspectivas da viabilidade técnico-econômica da produção de biodiesel**. Embrapa Agroenergia. Brasília, DF, 2012.

MAHESHWARI, P.; HAIDER, M. B.; YUSUF, M.; KLEMES, J. J.; BOKHARI, A.; BEG, M.; AL-OTHMAN, A.; KUMAR, R.; JAISWAL, A. K. **A review on latest in cleaner biodiesel production: Role of feedstock, production methods, and catalysts**. Journal of Cleaner Production 355, 2022.

MARCOVITCH, J.; FILHO, C. A. P. M; FERREIRA, G. T. C. **A Governança Ambiental e seus Compromissos. FEA-USP**, São Paulo, 2019.

MARTINS, L. **Marketing: Como se tornar um profissional de sucesso**. Digerati Books, 1º edição, São Paulo, 2006.

MASERA, K.; HOSSAIN, A. K. **Advancement of biodiesel fuel quality and Nox emission control techniques.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 178, 2023.

MATSUURA, M. I. da S. F.; SEABRA, J. E. A.; CHAGAS, M. F.; SCACHETTI, M. T.; MORANDI, M. A. B.; MOREIRA, M. M. R.; NOVAES, R. M. L.; RAMOS, N. P.; CAVALETT, O.; BONOMI, A. **Renovacalc: a calculadora do Programa Renovabio.** VI Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida. Brasília, 2018.

MATSUURA, M. I. da S. F.; SEABRA, J. E. A.; CHAGAS, M. F.; SCACHETTI, M. T.; MORANDI, M. A. B.; MOREIRA, M. M. R.; NOVAES, R. M. L.; RAMOS, N. P.; CAVALETT, O.; BONOMI, A.; BAYMA, G.; PICOLI, J. F. **Renovacalc^{MD}: Método e ferramenta para a contabilidade da Intensidade de Carbono de Biocombustíveis no Programa Renovabio.** Nota técnica. Brasília, 2018b.

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

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS (MMA). **Com meta ambiciosa, Brasil anuncia redução de 50% nas emissões de carbono até 2030.** Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/anuncio-de-ampliacao-da-meta-de-reducao-de-emissoes-para-50-ate-2030-e-destaque-nas-primeiras-participacoes-do-brasil-na-cop26>>. Acesso em: 13/05/23.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Nota Explicativa sobre a Criação da Política Nacional de Biocombustíveis, 2018.** Disponível em: <<https://ubrabio.com.br/sites/1800/1891/Imagens6/RENOVABIO/NotaExplicativaRenovabio.pdf>>. Acesso em: 13/10/21a.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Sobre o Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel - PNPB.** Disponível em: <<http://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/acoes-e-programas/programas/biodiesel/sobre-o-pnpb>>. Acesso em 11/10/2021b.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Relatório de Atividades: Comercialização de Biodiesel, 2020.** Disponível em: <<http://antigo.mme.gov.br/documents/36220/1049490/Relat%C3%B3rio+NCD+Comercializa%C3%A7%C3%A3o+de+Biodiesel+-+atualizacao+26out2020+%28formatacao%29.pdf/25c1f3eb-3a71-1aba-97d6-fbda9ee39530>>. Acesso em: 13/10/22.

MIRANDA, E. L. de. **Óleo degomado de grãos de soja sem defeitos e partidos para produção de biocombustível.** Dissertação de Mestrado: Bioenergia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018.

MODELLI, L. **Novas metas de Salles para o Acordo de Paris liberam mais emissões no Brasil, aponta Observatório do Clima. G1: Natureza.** Disponível em: <<https://g1.globo.com/natureza/noticia/2020/12/10/novas-metas-de-salles-para-o-acordo-de>>

paris-liberam-mais-emissoes-no-brasil-aponta-observatorio-do-clima.ghtml>. Acesso em 06/06/2021.

MOURAD, A. L. **Avaliação da cadeia produtiva de biodiesel obtido a partir da soja**. Universidade estadual de campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. Comissão de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Planejamento de Sistemas Energéticos, Campinas, 2008.

MUR CASTRO, D. **Evolução e sustentabilidade do Programa de Biodiesel: um estudo comparativo entre o Brasil e a Colômbia**. Brasília: tese de doutorado. Centro de Desenvolvimento sustentável. UNB, 2019.

NATIONAL GEOGRAPHIC. **Meio Ambiente: O que é o aquecimento global?** Disponível em: <<https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/o-que-e-o-aquecimento-global>>. Acesso em: 21/01/2022.

NATIONS, U. Adoption of Paris Agreement (COP21) - Proposal by the President. **Conference of the Parties, Twenty-first session**, v. 21932, n. December, p. 1–32, 2015.

NCANYWA, T.; MGWANGQA, N. **The impact of a fuel levy on economic growth in South Africa**. *Journal of Energy in Southern Africa*. Cape Town: University of Cape Town, Vol. 29, n 1, pg 2, 2018.

NOGUEIRA, L.A.H.; CAPAZ, R.S. **Biofuels in Brazil: Evolution, achievements and perspectives on food security**. *Global Food Security* 2, 117-125, 2013.

NOGUEIRA, A. R. **Avaliação do desempenho ambiental de biodiesel produzido a partir de gordura animal segundo diferentes abordagens para situações de multifuncionalidade**. Tese de Doutorado: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química, São Paulo, 2018.

NORDHAUS, W; NAKICENOVIC, N. **The economics of technologies to combat global warming**. *Energy Economics* 33, 565-571, 2011.

OLIVEIRA, G. **Quebra da regra do biodiesel compromete vidas, emprego e meio ambiente**. Disponível em: <<https://exame.com/bussola/quebra-da-regra-do-biodiesel-compromete-vidas-emprego-e-o-meio-ambiente/>>. Acesso em 10/02/2022.

OLIVEIRA de, E. P.; LASMAR, D. J.; CHAAR, J. S. da; SILVA da, E. L.; LIMA, E. Q. de; OLIVEIRA de, R. P.; OLIVEIRA de, E. P.; POLARI, L. B. **Impactos da regulamentação da qualidade do biodiesel para os agentes regulados na Região Norte**. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.7 (12), p. 121730-121743, 2020.

PADULA, A. D. et al. **The emergence of the biodiesel industry in Brazil: Current figures and future prospects**. *Energy Policies*, v. 44, p. 395-405, 2012.

PARENTE, E. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Tecbio. Fortaleza, 2003.

PEDROTI, P. M. **Os desafios do desenvolvimento e da inclusão social: o caso do arranjo político-institucional no Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel.** Rio de Janeiro: IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2013.

PÊGO, F.; REGINATO, T. **Síntese de biodiesel a partir de gordura suína: definição da rota de obtenção e parâmetros do processo.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011.

PETRY, P. M. **Avaliação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB): Avanços e Desafios em Onze Anos de Mistura Compulsória.** Dissertação de Mestrado: Instituto de Energia e Ambiente (IEE)/USP, São Paulo, 2020.

PINHO, L. A. de; TEIXEIRA F. L. C. **Biodiesel no Brasil: uma análise da regulação e seus reflexos na diversificação das matérias-primas usadas no processo de produção.** Ver. Bras. Adm. Pol, 8 (20), 141-161, 2015.

RAMOS, L. P.; KOTHE, V.; CÉSAR-OLIVEIRA, M. A. F.; MUNIZ-WYPYCH, A. S.; NAKAGAKI, S.; KRIEGER, N.; WYPYCH, F.; CORDEIRO, C. S. **Biodiesel: Matérias-primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis.** Ver. Virtual Quim., 9 (1), 317-369, 2017.

RAUCH, A.; THONE, M. **Biofuels – At What Cost? Mandating ethanol and biodiesel consumption in Germany.** International Institute for Sustainable Development, n. January, p. 1-60, 2012.

REN21. **Renewables 2019: Global Status Report, 2019.** Disponível em: <https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf>. Acesso em 20/03/21.

REN21 – RENEWABLE NOW. **Renewables 2023 Global Status Report collection. Renewable in Energy Supply.** Paris, 2023.

RICO, J.A.P.; SAUER, I.L. **A review of Brazilian biodiesel experiences. Renewable and Sustainable.** Energy Reviews 45, 513-529, 2015.

RODRIGUES, A. C. C. **Policy, regulation, development and future of biodiesel industry in Brazil.** Cleaner Engineering and Technology. v. 4, 2021.

ROITMAN, T. **Programas internacionais de incentivo aos combustíveis e o Renovabio.** FGV Energia, 2019.

SAJID, Z.; SILVA, da M. A. B.; DANIAL, S. N. **Historical Analysis of the Role of Governance Systems in the Sustainable Development of Biofuels in Brazil and the United States of America (USA).** Sustainability, 13, 2021.

SANTANDER. **Renovabio: análise de situação – 2020.** Ambiente eletrônico. Acesso em 21/06/21.

SILVA da, A. A.; SILVA da, N. S.; BARBOSA, V. A. de; HENRIQUE, M. R.; BAPTISTA, J. A. **A utilização da matriz Swot como ferramenta estratégica – um estudo de caso em uma escola de idioma em São Paulo**. VIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. 2011.

STONEX. **Relatório mensal de sebo – edição de junho/23**. Campinas, 2023.

SENEVIRATNE, S. I.; DONAT, M. G.; PITMAN, A. J.; KNUTTI, R.; WILBY, R. L. **Allowable CO₂ emissions based on regional and impact-related climate targets**. Nature, 529, 477-483. 2016.

SGS INSPIRE. **Biodiesel Policies and markets: Success stories around the world**, 2020.

SOVACOOOL, B. K.; BROWN, M. A. **Competing Dimensions of Energy Security: An International Perspective**. Annual Review of Environment and Resources, v. 35, n.1, p. 77-108, 2010.

THE SOYBEAN PROCESSORS ASSOCIATION OF INDIA (SOPA). **World Soybean Production**. Disponível em: <<https://www.sopa.org/statistics/world-soybean-production/>>. Acesso em: 10/03/23.

TOPARE, N. S.; JOGDAND, R. I.; SHINDE, H. P.; MORE, R. S.; KHAN, A.; ASIRI, A. M. **A short review on approach for biodiesel production: Feedstock's, properties, process parameters and environmental sustainability**. Materials Today: Proceedings. Vol. 57, pg 1605 – 1612, 2022.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Renewable Identification Numbers (RINs) under the Renewable Fuel Standard Program**. Disponível em: <<https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/renewable-identification-numbers-rins-under-renewable-fuel-standard>>. Acesso em 17/02/23.

VANDYCK, T. KERAMIDAS, K. SAVEYN, B. KITOUS, A. VRONTISI, Z. **A global stocktake of the Paris pledges: Implications for energy systems and economy**. Global Environment Change 41, 46-63, 2016.

VENKATESAN, S. P.; RAHUL, R.; SABBHARISHI, V.; PURUSOTHAMAND, M.; GANESAN, S. **Study of emission characteristics of a diesel engine run by fuel blends of diesel, jatropha biodiesel and cetane improver**. Materials Today: Proceedings, 2023.

WEIDEMA, B. P.; EKVALL, T.; HEIJUNGS, R. **Guidelines for applications of deepened and broadened LCA**. Chapter for CALCAS project. Deliverable D18, 2009.

WERNET, G.; BAUER, C.; STEUBING, B.; REINHARD, J.; MORENO-RUIZ, E.; WEIDEMA, B. **The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology**. The International Journal of Life Cycle Assessment, 21(9): 1218-1230, 2016.

ANEXOS

Anexo 1 - Mandatos de misturas de biocombustíveis de diversos países (África, América Central, América do Norte, América do Sul e Ásia) – REN21.

Continentes	País	Mandato
África	África do Sul	B5,5
América Central	Costa Rica	B20
	Canada	Nacional: B2. Provincial: B4 em British Columbia; B2 em Alberta; B4 em Ontario etc
América do Norte	Estados Unidos	Nacional: O Renewable Fuels Standard 2 (RFS2) requer volumes crescentes de biocombustíveis desde 2007 até 2022, devendo chegar a 136 bilhões de litros (36 bilhões de galões) de biocombustíveis neste ano. As metas são diferenciadas para cada tipo de biocombustível (etanol de milho, biocombustíveis celulósicos, diesel de biomassa e outros biocombustíveis avançados) e revisadas anualmente pela Environmental Protection Agency - EPA, agência americana de proteção ambiental. Estadual: 82 em Louisiana; B5 em Massachusetts; B10 em Minnesota (820 a partir de Maio de 2019); 85 no Novo México; 85 em Oregon; 82 um ano após a produção local de biodiesel alcançar 40 milhões de galões, B5 um ano após 379 milhões de litros, B10 um ano após 757 milhões de litro e 820 um ano após 1,50 bilhões de litros na Pensilvânia; 82 em Washington, aumentando para B5 180 dias após a produção local de matérias primas e capacidade de esmagamento puderem atender a requerimento de 3%. Califórnia: O Padrão de Biocombustíveis de Baixo Carbono (LCFS) é um programa para reduzir a intensidade de carbono nos combustíveis no estado, com requisito para diminuir em 10% a intensidade de carbono nos combustíveis automotivos até 2020.
	Argentina	B10
	Brasil	B12, com progresso de 1% até 2026 para atingir B15
	Chile	B5 facultativo
América do Sul	Colômbia	B10
	Equador	B5
	Paraguai	B1
	Peru	B2
	Uruguai	B5
	China	B1 em taipei
	Coréia do Sul	B3
	Filipinas	B2
Ásia	Índia	B20
	Indonésia	B20
	Malásia	B10
	Tailândia	B7. Mandato de volumes de 5,1 bilhões de litros de biodiesel em 2036

Fonte: Elaboração própria com base em MME (2020).

Anexo 2 - Mandatos de misturas de biocombustíveis de diversos países (Europa e Oceania) – REN21.

Continentes	País	Mandato
Europa	Alemanha	0,05% de biocombustíveis avançados na demanda carburante a partir de 2020, aumentando para 0,5% em 2025
	Áustria	B6,3
	Bélgica	B4
	Bulgária	B5,5
	Croácia	B5,75
	Dinamarca	0,9% de biocombustíveis avançados a partir de resíduos em 2020
	Eslováquia	Mandato geral de 5,8% de renováveis no consumo automotivo
	Eslovênia	Mandato geral de 7,5% de renováveis no consumo automotivo. 100% de veículos pesados com biodiesel.
	Espanha	Mandato geral de 6% de biocombustíveis no consumo automotivo.
	Finlândia	Mandato geral de 15% de biocombustíveis no consumo automotivo
	França	B5,5
	Grécia	7% de renováveis no consumo automotivo
	Hungria	B4,9
	Irlanda	B10 / mandato de 8,7% de biocombustíveis no consumo automotivo
	Itália	Mandato geral de 7% no consumo interno. 0,9% para combustíveis avançados a partir de 2020, subindo para 1,85% em 2022
	Noruega	B4 / 0,5% de renováveis no combustível de aviação
	Países Baixos	8,5% de renováveis no consumo final automotivo. 1% de avançados a partir de 2020. Restrição de 5% nos combustíveis tradicionais em 2020.
	Polônia	7,5% de renováveis no consumo automotivo, aumentando para 8,5% em 2020
	Portugal	Mandato geral de 9% de biocombustíveis no consumo automotivo
	Reino Unido	Mandato geral de 9,6% de biocombustíveis no consumo automotivo. 0,2% de avançados a partir de 2020, aumentando para 2,8% em 2028. Restrição de 4% aos tradicionais, decrescendo para 2% a partir de 2032.
	República Checa	B6
	Romênia	B6,5
	Suécia	Frota veicular independente de combustível fóssil a partir de 2030
União Européia	Diretiva 2009/28/CE: participação de renováveis no consumo final automotivo e na matriz energética total, em 10% e 20%, respectivamente, para 2020. Metas de 20% de mitigação de GEE (em relação aos níveis de 1990) e de aumento da eficiência energética. Dentro da meta de 10% de renováveis para o setor automotivo, participação de somente 7% de biocombustíveis tradicionais (etanol de milho e cana e biodiesel de oleaginosas) em 2020, sendo o restante de avançados (tal qual o etanol de ignocelulose). A participação dos biocombustíveis tradicionais diminui para 3,8% em 2030. Em 2030, 40% de mitigação de GEE, 32,5% de aumento em eficiência energética, participação de 32% de renováveis na matriz energética total e de 14% de combustíveis renováveis no consumo automotivo, sendo que, desses, os biocombustíveis de 1ª geração não aumentem a sua participação além de 1% a mais daquela que ocorrerá em 2020 e que também não ultrapasse a 7% da participação total no consumo automotivo de 2030. Em 2050, 80 a 95% de mitigação de Gases de Efeito Estufa (GEEs).	
Oceania	Austrália	Provincial: B2 em New South Wales; b1 em Queensland
	Nova Zelândia	B7

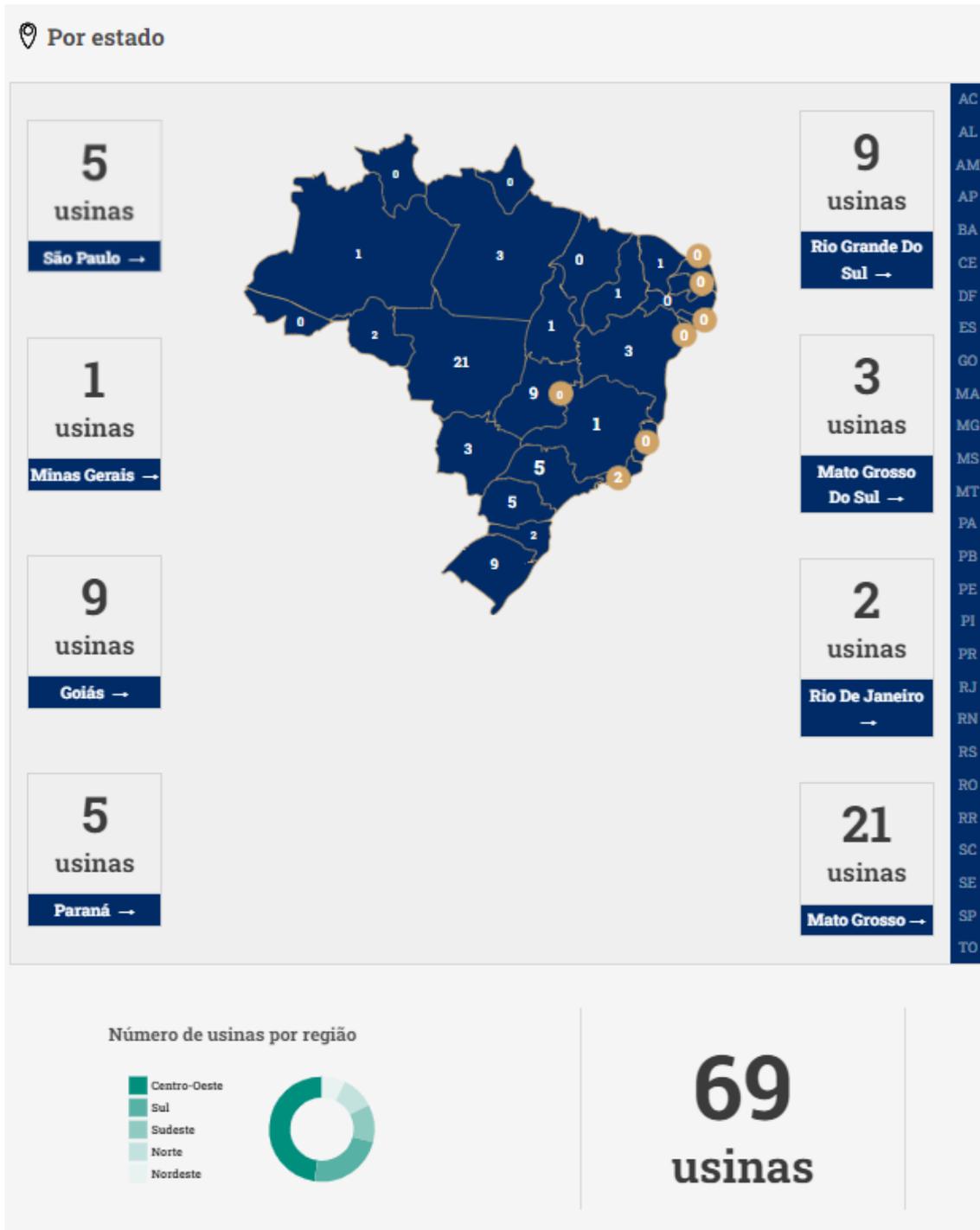
Fonte: Elaboração própria com base em MME (2020).

Anexo 3 - Usinas produtoras de biodiesel em 2023, capacidade diária, mensal e anual média.

Empresa	Estado	Capacidade produção diária (m³)	Capacidade e produção mensal (m³)	Capacidade produção bimestral (m³)
CEREAL COMERCIO EXPORTACAO E REPRESENTACAO AGROPECUARIA SA	GO	600	18.000	36.000
CARAMURU ALIMENTOS S/A	GO	625	18.750	37.500
CARAMURU ALIMENTOS S/A	GO	625	18.750	37.500
CARAMURU ALIMENTOS S/A	MT	285	8.550	17.100
ADM DO BRASIL LTDA	MT	1.352	40.560	81.120
ADM DO BRASIL LTDA	SC	510	15.300	30.600
COCAMAR MAQUINAS AGRICOLAS LTDA	PR	353	10.590	21.180
FIAGRIL LTDA	MT	563	16.890	33.780
SEARA ALIMENTOS LTDA	SC	1.025	30.750	61.500
JBS S/A	SP	560	16.800	33.600
JBS S/A	MT	410	12.300	24.600
BOCCHI INDUSTRIA E COMERCIO DE CEREAIS LTDA	RS	300	9.000	18.000
AGROPAULO AGROINDUSTRIAL S.A	CE	50	1.500	3.000
COFCO INTERNATIONAL BRASIL S.A	MT	1.100	33.000	66.000
BINATURAL ENERGIAS RENOVAVEIS S.A	GO	650	19.500	39.000
BSBIOS INDUSTRIA E COMERCIO DE BODIESEL SUL BRASIL S/A	RS	1.300	39.000	78.000
BSBIOS INDUSTRIA E COMERCIO DE BODIESEL SUL BRASIL S/A	PR	1.300	39.000	78.000
JATAI AGROINDUSTRIA DE BIO-COMBUSTIVEL LTDA	GO	50	1.500	3.000
TAUA BODIESEL LTDA	PA	100	3.000	6.000
BIONORTE INDUSTRIA E COMERCIO DE BODIESEL LTDA	MT	95	2.850	5.700
COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL DOS PRODUTORES RURAIS DE FELIZ NATAL	MT	100	3.000	6.000
BIO OLEO INDUSTRIA E COMERCIO DE BIOCMBUSTIVEL LTDA	MT	150	4.500	9.000
CESBRA QUIMICA LTDA	RJ	166	4.980	9.960
BIOPAR PRODUCAO DE BODIESEL PARECIS LTDA	MT	288	8.640	17.280
BIO VIDA PRODUCAO E COMERCIO DE BODIESEL LTDA	MT	150	4.500	9.000
AMAZONBIO - INDUSTRIA E COMERCIO DE BODIESEL DA AMAZONIA LTDA	AM	90	2.700	5.400
PRISMA COMERCIAL EXPORTADORA DE OLEOQUIMICOS LTDA	SP	200	6.000	12.000
PETROBRAS BIOCMBUSTIVEL S/A	BA	845	25.350	50.700
PETROBRAS BIOCMBUSTIVEL S/A	MG	545	16.350	32.700
ALIANCA BIOCMBUSTIVEL LTDA	MT	10	300	600
DELTA BIOCMBUSTIVEIS INDUSTRIA E COMERCIO LTDA	MS	600	18.000	36.000
DELTA CUIABA PRODUTORA DE BIOCMBUSTIVEIS LTDA	MT	1.000	30.000	60.000
POTENCIAL BODIESEL LTDA	PR	2.500	75.000	150.000
OLEOPLAN NORDESTE INDUSTRIA DE BIOCMBUSTIVEL LTDA	BA	1.300	39.000	78.000
UNIAO INDUSTRIA E COMERCIO DO PARA LTDA	PA	250	7.500	15.000
USINA BARRALCOOL S/A	MT	190	5.700	11.400
J APARECIDO DOS SANTOS	PI	250	7.500	15.000
FENIX COMPLEXO INDUSTRIAL S/A	MT	680	20.400	40.800
OLEOPLAN RONDONIA INDUSTRIA DE BIOCMBUSTIVEL LTDA	RO	600	18.000	36.000
BINATURAL BAHIA LTDA	BA	1.000	30.000	60.000
OLEOPLAN PARA INDUSTRIA DE BIOCMBUSTIVEL LTDA	PA	800	24.000	48.000
GRANOL INDUSTRIA COMERCIO E EXPORTACAO SA	GO	1.550	46.500	93.000
GRANOL INDUSTRIA COMERCIO E EXPORTACAO SA	RS	933	27.990	55.980
GRANOL INDUSTRIA COMERCIO E EXPORTACAO SA	TO	800	24.000	48.000
PRODUTOS ALIMENTICIOS ORLANDIA S A COMERCIO E INDUSTRIA	SP	367	11.010	22.020
CARGILL AGRICOLA S A	MS	965	28.950	57.900
MINERVA S.A	GO	200	6.000	12.000
CAIBIENSE GRAN VITA LTDA	MT	250	7.500	15.000
AMAGGI EXPORTACAO E IMPORTACAO LTDA	MT	1.022	30.660	61.320
LAR COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL	MS	400	12.000	24.000
BUNGE ALIMENTOS S/A	MT	497	14.910	29.820
BIANCHINI SA INDUSTRIA COMERCIO E AGRICULTURA	RS	1.150	34.500	69.000
OLEOPLAN S.A. OLEOS VEGETAIS PLANALTO	RS	1.300	39.000	78.000
FUGA COUROS SA	RS	500	15.000	30.000
OLFAR S/A - ALIMENTO E ENERGIA	RS	1.200	36.000	72.000
OLFAR S/A - ALIMENTO E ENERGIA	RJ	450	13.500	27.000
OLFAR S/A - ALIMENTO E ENERGIA	GO	1.800	54.000	108.000
TRES TENTOS AGROINDUSTRIAL SA	RS	850	25.500	51.000
CAMERA AGROALIMENTOS S.A	RS	650	19.500	39.000
Total		38.451	1.153.530	2.307.060
	Usinas		média	
	59	652	19.551	39.103

Fonte: Elaboração própria com base em ANP (2023b).

Anexo 4 - Número total de instalações produtoras de biodiesel no Brasil.



Fonte: Elaboração própria com base em BiodieselBR (2023).

Anexo 5 - Parâmetros solicitados na Renovacalc para a rota de biodiesel, fase agrícola.

Parâmetro	Descrição	Unidade	Orientações
Fase agrícola - Soja, Palma, Algodão, Outros¹ ou Resíduos²			
Sistema de plantio	<p><u>Convencional</u> - Envolve o preparo de solo primário, que consiste em operações mais profundas, normalmente realizadas com arado, que visam o rompimento de camadas compactadas de solo e a eliminação ou enterrio da cobertura vegetal. No preparo secundário, as operações são mais superficiais, utilizando-se grades ou plainas para nivelar, destorroar, destruir crostas superficiais, incorporar agroquímicos e eliminar plantas daninhas.</p> <p>A semeadura e a lança ou em linha. <u>Direto, com rotação de culturas</u> - Plantio direto é o sistema de semeadura no qual a semente é colocada diretamente no solo não revolvido. Abre-se um pequeno sulco (ou cova) de profundidade e largura suficientes para garantir uma boa cobertura da semente com solo. Rotação de culturas é a alternância ordenada e regular no cultivo de diferentes espécies vegetais em sequência temporal numa determinada área. <u>Direto, com sucessão de culturas</u> - Plantio direto é o sistema de semeadura no qual a semente é colocada diretamente no solo não revolvido. Abre-se um pequeno sulco (ou cova) de profundidade e largura suficientes para garantir uma boa cobertura da semente com solo. Sucessão de culturas consiste em alternar culturas, sem ordenamento e regularidade das espécies empregadas. <u>Mínimo/Reduzido</u> - sistema no qual se utiliza menor mobilização do solo, quando comparado ao sistema convencional. A semeadura é realizada diretamente sobre a cobertura vegetal previamente dessecada com herbicida, sem o revolvimento do solo.</p>	N.A.	Parâmetro informacional. Não afeta a intensidade de carbono do biocombustível, dispensa verificação.
Área total	Área total destinada a produção da biomassa primária ³ (quando pertinente) na propriedade.	ha	Verificar por imagens de satélite, de resolução espacial melhor ou igual a 30 m, e técnicas de geoprocessamento.
Produção total (biomassa primária)	Quantidade total de biomassa primária produzida na área total de produção. Este parâmetro deve ser reportado em base úmida.	t biomassa primária, em base úmida. Teor de umidade: %.	Verificar registros internos, para produção própria. Verificar NF de compra, para produtos de fornecedores.
Aporte total (resíduos)	Quantidade total de biomassa residual a ser processada. Este parâmetro deve ser reportado em base úmida.	t biomassa primária, em base úmida. Teor de umidade: %.	Verificar NF de compra e registros internos.
Sementes	Refere-se à quantidade total anual de sementes utilizada na área total de produção de soja dividida pela produção total de soja.	kg/t de soja.	Verificar NF de compra e registros internos.
Consumo de corretivos	Quantidade consumida de cada corretivo (calcário calcítico, calcário dolomítico e gesso agrícola), aplicados na área total, dividida pela produção total de soja.	kg elemento/t soja	Verificar NF de compra de insumo e controle interno de estoque.
Consumo de fertilizantes sintéticos	Quantidade consumida de cada elemento (N, P2O5 e K2O por fonte), aplicados na área total, dividida pela produção total de soja. Caso a renovacalc não apresente como opção a fonte utilizada, o produtor deve especificá-la no campo "outros" e informar o teor específico do elemento (N, P2O5, K2O).	kg elemento/t soja	Verificar NF de compra de insumo e controle interno de estoque. Cada fonte de fertilizantes possui uma quantidade específica de N, P2O5 e K2O (%). Para identificar esta fonte, consultar o rótulo do fertilizante ou documento com especificações técnicas. No caso da aplicação de formulados (NPK), também é necessário identificar a fonte e quantidade de cada elemento.
Consumo de fertilizantes orgânicos/organominerais	Quantidade consumida de cada elemento (N, P2O5 e K2O por fonte), aplicados na área total, dividida pela produção total de soja. Caso a renovacalc não apresente como opção a fonte utilizada, o produtor deve especificá-la no campo "outros" e informar o teor específico do elemento (N, P2O5, K2O).	kg elemento/t soja	Verificar NF de compra de insumo e controle interno de estoque. O teor de N do fertilizante deve ser informado pelo fabricante ou determinado por análise de laboratório.
Consumo de combustíveis e eletricidade de rede	Refere-se ao consumo de combustíveis (soma das operações agrícolas, irrigação, transportes de materiais, deslocamento de pessoas, etc.), na área total, dividido pela produção total de soja. Diesel B8, B10, BX, B20, B30 / Biodiesel B100 / Gasolina C / Etanol hidratado / Biometano próprio / Biometano de terceiros.	L/t soja - Nm3/t soja - kWh/t soja	Para os combustíveis, verificar NF de compra de insumo e controle interno de estoque. Para eletricidade, verificar consumo de kWh no demonstrativo forencido pela distribuidora de energia (conta de luz). A eletricidade do setor administrativo da usina deve ser considerada na contabilidade.

¹ Para palma e o algodão e outros (mix padrão de outros óleos destinados à produção de biodiesel), não são solicitados parâmetros técnicos

² Os resíduos não carregam carga ambiental, portanto não são solicitadas informações referentes à sua geração.

³ Biomassa primária deve ser entendida como a produzida para fins energéticos, neste caso, soja, palma e algodão. Resíduos são aqui tratados como

Fonte: Matsuura et al. (2018).

Anexo 6 - Parâmetros solicitados na Renovacalc para a rota de biodiesel, fases industriais de extração e de transesterificação.

Parâmetro	Descrição	Unidade	Orientações
Fase industrial - extração de óleo			
Quantidade de biomassa processada	Quantidade total anual de biomassa processada. Este parâmetro deve ser repostado em base úmida e informado o teor de umidade. Informar a distância de transporte percorrida pela biomassa do campo até a unidade de extração do óleo, mesmo que passe por etapas intermediárias de armazenagem.	t biomassa primária, em base úmida. Teor de umidade: %. Distância de transporte: km	Verificar NF de compra (se produção de terceiros), controle de estoque e outros registros internos.
Produção de óleo	Refere-se à massa total de óleo produzido anualmente dividida pela quantidade total anual de biomassa processada.	kg óleo/ano	Verificar registros internos e NF de venda (este último registro, no caso das usinas que não integram a produção de óleo e biodiesel).
Produção de coprodutos	Refere-se à massa total de cada coproduto (torta, farelo, etc) produzido anualmente dividida pela quantidade total anual de biomassa processada.	kg coproduto/ano	Verificar NF de venda e registros internos.
Consumo de combustíveis e eletricidade na rede	Refere-se ao consumo total anual de combustíveis e eletricidade. Bagaço, palha, cavaco de madeira, lenha e resíduos florestais deve ser reportados em base úmida e informados seus respectivos teores de umidade. Informar a distância de transporte destes biocombustíveis do fornecedor até a usina. Diesel B8, B10, BX, B20, B30 / Biodiesel B100 / Gasolina C / Etanol hidratado / Biometano próprio / Biometano de terceiros / Eletricidade por fonte (biomassa; PCH; Eólica; Solar) ou Mix BR.	kg/t biomassa, em base úmida. Teor de umidade: %. L/t biomassa / Nm ³ /t de biomassa / kWh/t biomassa. Distância de transporte: km.	Para os combustíveis, verificar NF de compra de insumo e controle interno de estoque. Para eletricidade, verificar consumo de kWh no demonstrativo forencido pela distribuidora de energia (conta de luz). A eletricidade do setor administrativo da usina deve ser considerada na contabilidade.
Fase industrial - transesterificação			
Integração com a extração de óleo	A extração de óleo e a produção do biodiesel são realizados na mesma usina? Em caso negativo reportar a distância de transporte do óleo do fornecedor até a usina.	SIM/NÃO	Verificar in loco a infraestrutura industrial.
Quantidade de matéria-prima⁴ processada	Quantidade total anual de matéria-prima processada, discriminada por fonte. Informar a distância de transporte percorrida pela matéria-prima à unidade de produção.	t matéria-prima/ano. Distância de transporte: km.	Verificar NF de compra, controle de estoque e outros controles internos.
Rota de produção	Especificar o tipo de rota de produção: Etfílica ou Metfílica.	Etfílica ou Metfílica	Verificar NF de compra e registros internos.
Produção de biodiesel	Refere-se ao volume total (corrigido para a temperatura de 20° C) de biodiesel produzido anualmente.	L biodiesel/ano	Verificar NF de compra e registros internos.
Produção de glicerina bruta	Refere-se à massa total de glicerina bruta produzida anualmente.	kg/ano	Verificar registros internos.
Produção de glicerina purificada	Refere-se à massa total de glicerina purificada produzida anualmente.	kg glicerina/ano	Verificar NF de compra e registros internos.
Consumo de insumos industriais: Metanol/Metilato de sódio/Etanol anidro/Hidróxido de sódio	Refere-se à massa total de cada insumo industrial consumido anualmente.	kg insumo/ano	Verificar NF de compra e registros internos.
Consumo de combustíveis e eletricidade na rede	Refere-se ao consumo total anual de combustíveis e eletricidade. Bagaço, palha, cavaco de madeira, lenha e resíduos florestais deve ser reportados em base úmida e informados seus respectivos teores de umidade. Informar a distância de transporte destes biocombustíveis do fornecedor até a usina. Diesel B8, B10, BX, B20, B30 / Biodiesel B100 / Gasolina C / Etanol hidratado / Biometano próprio / Biometano de terceiros / Eletricidade por fonte (biomassa; PCH; Eólica; Solar) ou Mix BR.	kg combustível/ano, em base úmida. Teor de umidade: %. L/ano / Nm ³ /ano / kWh/ano. Distância de transporte: km.	Para os combustíveis, verificar NF de compra de insumo e controle interno de estoque. Para eletricidade, verificar consumo de kWh no demonstrativo forencido pela distribuidora de energia (conta de luz). A eletricidade do setor administrativo da usina deve ser considerada na contabilidade.

⁴ Matérias-primas possíveis: óleo de soja, óleo de palma, óleo de algodão, "outros óleos", óleo de fritura usado, gordura animal, outros óleos residuais.

Fonte: Matsuura et al. (2018).

Anexo 7 - Perfil padrão de produção das culturas energéticas – Valores típicos e valores penalizados para a produção de soja.

Parâmetro	Valor Típico	Valor Penalizado
Calcário Calcítico ou Dolomítico	249,0 kg/t soja	423,3 kg/t soja
Gesso Agrícola	53,3 kg/t soja	90,6 kg/t soja
Sementes	17,39 kg/t soja	29,6 kg/t soja
Fertilizantes Sintéticos Nitrogenados	2,8 kg N/t soja	4,8 kg N/t soja
Fertilizantes Sintéticos Fosfatados	27,2 kgP ₂ O ₅ /t soja	46,3 kgP ₂ O ₅ /t soja
Fertilizantes Sintéticos Potássicos	32,7 kg K ₂ O/t soja	55,6 kg K ₂ O/t soja
Combustíveis e eletricidade (diesel B8)	10,7 L/t soja	18,2 L/t soja

Fonte: Matsuura et al. (2018).

Anexo 8 - Recortes do preenchimento da Renovacalc para produção de biodiesel com uso de óleo de soja degomado como matéria-prima (fase agrícola e fase industrial de extração de óleo).

Fase agrícola - Dados consolidados					
Informações gerais					
Área total	298.662,00	ha			
Produção total (base úmida)	1.053.379,00	t soja	Umidade	13,00%	
Quantidade comprada pela unidade produtora de biocombustível (base úmida)	1.053.379,00	t soja			
Corretivos					
Calcário calcítico		kg/t soja			
Calcário dolomítico	418,00	kg/t soja			
Gesso	90,00	kg/t soja			
Sementes					
Sementes	30,00	kg/t soja			
Fertilizantes Sintéticos					
Ureia	6,00	kg N/t soja			
Fosfato Monoamônico (MAP)		kg N/t soja			
Fosfato Monoamônico (MAP)		kg P ₂ O ₅ /t soja			
Fosfato diamônico (DAP)		kg N/t soja			
Fosfato diamônico (DAP)		kg P ₂ O ₅ /t soja			
Nitrato de amônio		kg N/t soja			
Solução de nitrato de amônio e ureia (UAN)		kg N/t soja			
Amônia anidra		kg N/t soja			
Sulfato de amônio		kg N/t soja			
Nitrato de amônio e cálcio (CAN)		kg N/t soja			
Superfosfato simples (SSP)	45,00	kg P ₂ O ₅ /t soja			
Superfosfato triplo (TSP)		kg P ₂ O ₅ /t soja			
Cloreto de potássio (KCl)	39,00	kg K ₂ O/t soja			
Outros especificar		kg N/t soja			
Outros especificar		kg P ₂ O ₅ /t soja			
Outros especificar		kg K ₂ O/t soja			
Fertilizantes Orgânicos/Organominerais					
Outros especificar		kg/t soja	Concentração de N		g N/kg
Outros especificar		kg/t soja	Concentração de N		g N/kg
Outros especificar		kg/t soja	Concentração de N		g N/kg
Outros especificar		kg/t soja	Concentração de N		g N/kg
Outros especificar		kg/t soja	Concentração de N		g N/kg
Combustíveis e eletricidade					
Diesel - B8		L/t soja			
Diesel - B10	20,00	L/t soja			
Diesel - BX		L/t soja	Teor de biodiesel na mistura		
Diesel - B20		L/t soja			
Diesel - B30		L/t soja			
Biodiesel - B100		L/t soja			
Gasolina C		L/t soja			
Etanol hidratado		L/t soja			
Biometano de terceiros		Nm ³ /t soja			
Biometano próprio		Nm ³ /t soja			
Eletricidade da rede - mix médio		kWh/t soja			
Eletricidade - PCH		kWh/t soja			
Eletricidade - biomassa		kWh/t soja			
Eletricidade - eólica		kWh/t soja			
Eletricidade - solar		kWh/t soja			
Diesel - B8	0,10	L/t soja			
Diesel - B10		L/t soja			
Diesel - BX		L/t soja	Teor de biodiesel na mistura		
Diesel - B20		L/t soja			
Diesel - B30		L/t soja			
Biodiesel - B100		L/t soja			
Óleo combustível		L/t soja			
Biogás de terceiros		Nm ³ /t soja	PCI do biogás		MJ/Nm ³
Biogás próprio		Nm ³ /t soja	PCI do biogás		MJ/Nm ³
Gás natural		Nm ³ /t soja			
Cavaco de madeira					
Quantidade (base úmida)	80,00	kg/t soja			
Umidade	35,00%				
Distância de transporte	110,00	km			
Lenha					
Quantidade (base úmida)	4,00	kg/t soja			
Umidade	45,00%				
Distância de transporte	110,00	km			
Fase industrial - extração do óleo de soja					
Processamento e rendimentos					
Processamento efetivo - soja	1.053.379,00	t soja	Umidade	12,73%	
Distância de transporte - soja	200,00	km			
Rendimento Óleo	200,00	kg/t soja			
Rendimento Farelo	760,00	kg/t soja			
Combustíveis e eletricidade					
Eletricidade da rede - mix médio	34,00	kWh/t soja			
Eletricidade - PCH		kWh/t soja			
Eletricidade - biomassa		kWh/t soja			
Eletricidade - eólica		kWh/t soja			
Eletricidade - solar		kWh/t soja			
Diesel - B8	0,10	L/t soja			
Diesel - B10		L/t soja			
Diesel - BX		L/t soja	Teor de biodiesel na mistura		
Diesel - B20		L/t soja			
Diesel - B30		L/t soja			
Biodiesel - B100		L/t soja			
Óleo combustível		L/t soja			
Biogás de terceiros		Nm ³ /t soja	PCI do biogás		MJ/Nm ³
Biogás próprio		Nm ³ /t soja	PCI do biogás		MJ/Nm ³
Gás natural		Nm ³ /t soja			

Anexo 9 - Recortes do preenchimento da Renovacalc para produção de biodiesel com uso de óleo de soja degomado como matéria-prima (fase de produção de biodiesel e fase de distribuição do biocombustível).

Fase industrial - produção do biodiesel			
Processamento e rendimentos			
Óleo de soja próprio			
Quantidade de óleo de soja processado	210.676,00	t óleo/ano	
Distância de transporte - óleo de soja		km	
Alguma fração dessa matéria-prima é elegível?	Sim		
Rota de produção	Metilica		
Produção de Biodiesel	206.462,00	m³/ano	
Produção de Glicerina purificada		t/ano	
Produção de Glicerina bruta	24.775,00	t/ano	
Insumos			
Metanol	20.646,00	t/ano	
Metilato de sódio	2.478,00	t/ano	
Etanol anidro		t/ano	
Hidróxido de sódio	1.053,00	t/ano	
Combustíveis e eletricidade			
Eletricidade da rede - mix médio	6.457,00	MWh/ano	
Eletricidade - PCH		MWh/ano	
Eletricidade - biomassa		MWh/ano	
Eletricidade - eólica		MWh/ano	
Eletricidade - solar		MWh/ano	
Diesel - B8		m³/ano	
Diesel - B10		m³/ano	
Diesel - B8		m³/ano	
Diesel - B20		m³/ano	
Diesel - B30		m³/ano	
Biodiesel - B100		m³/ano	
Óleo combustível		m³/ano	
Biogás de terceiros		Nm³/ano	
Biogás próprio		Nm³/ano	
Gas natural		Nm³/ano	
Cavaco de madeira			
Quantidade (base úmida)	19.445,00	t/ano	
Umidade	35,00%		
Distância de transporte	110,00	km	
Fase de distribuição			
Rodoviário	100,00%		
Fluvial	0,00%		
Ferrovário	0,00%		

Anexo 10 - Recortes do preenchimento da Renovacalc para produção de biodiesel com uso de sebo bovino como matéria-prima (fase de produção de biodiesel e fase de distribuição do biocombustível).

Fase industrial - produção do biodiesel			
Processamento e rendimentos			
Óleo de soja próprio			
Quantidade de óleo de soja processado	<input type="text"/>	t óleo/ano	
Distância de transporte - óleo de soja	<input type="text"/>	km	
Fração elegível dessa matéria-prima	<input type="text"/>		
Óleo de soja de terceiros			
Quantidade de óleo de soja processado	<input type="text"/>	t óleo/ano	
Distância média de transporte - óleo de soja	<input type="text"/>	km	
Fração elegível dessa matéria-prima	<input type="text"/>		
			Intensidade de Carbono média do óleo adquirido pela unidade produtora <input type="text"/> g CO ₂ eq/kg óleo
Óleo de palma			
Quantidade de óleo de palma processado	<input type="text"/>	t óleo/ano	
Distância de transporte - óleo de palma	<input type="text"/>	km	
Fração elegível dessa matéria-prima	<input type="text"/>		
Óleo de algodão			
Quantidade de óleo de algodão processado	<input type="text"/>	t óleo/ano	
Distância de transporte - óleo de algodão	<input type="text"/>	km	
Fração elegível dessa matéria-prima	<input type="text"/>		
Outros óleos vegetais			
Quantidade de outros óleos vegetais processado	<input type="text"/>	t óleo/ano	
Distância de transporte - outros óleos vegetais	<input type="text"/>	km	
Fração elegível dessa matéria-prima	<input type="text"/>		
Óleo de fritura usado			
Aporte total de óleo de fritura usado processado	<input type="text"/>	t óleo/ano	
Distância de transporte - óleo de fritura usado	<input type="text"/>	km	
Gordura animal			
Aporte total de gordura animal processada	<input type="text" value="222.002,00"/>	t gordura animal/ano	
Distância de transporte - gordura animal	<input type="text" value="300,00"/>	km	
Rota de produção			
	<input type="text" value="Métlica"/>		
Produção de Biodiesel	<input type="text" value="234.616,00"/>	m ³ /ano	
Produção de Glicerina purificada	<input type="text"/>	t/ano	
Produção de Glicerina bruta	<input type="text" value="24.775,00"/>	t/ano	
Insumos			
Metanol	<input type="text" value="20.646,00"/>	t/ano	
Metilato de sódio	<input type="text" value="2.478,00"/>	t/ano	
Etanol anidro	<input type="text"/>	t/ano	
Hidróxido de sódio	<input type="text" value="2.346,00"/>	t/ano	
Combustíveis e eletricidade			
Eletricidade da rede - mix médio	<input type="text" value="6.890,00"/>	MWh/ano	
Eletricidade - PCH	<input type="text"/>	MWh/ano	
Eletricidade - biomassa	<input type="text"/>	MWh/ano	
Eletricidade - eólica	<input type="text"/>	MWh/ano	
Eletricidade - solar	<input type="text"/>	MWh/ano	
Diesel - B10	<input type="text" value="77,00"/>	m ³ /ano	
Diesel - B11	<input type="text"/>	m ³ /ano	
Diesel - B12	<input type="text"/>	m ³ /ano	
Diesel - BK	<input type="text"/>	m ³ /ano	
Diesel - BK	<input type="text"/>	m ³ /ano	
Diesel - BK	<input type="text"/>	m ³ /ano	
Diesel - BK	<input type="text"/>	m ³ /ano	
Biodiesel - B100	<input type="text"/>	m ³ /ano	
Óleo combustível	<input type="text"/>	m ³ /ano	
Biogás de terceiros	<input type="text"/>	Nm ³ /ano	
Biogás próprio	<input type="text"/>	Nm ³ /ano	
Gás natural	<input type="text"/>	Nm ³ /ano	
Cavaco de madeira			
Quantidade (base úmida)	<input type="text"/>	t/ano	
Umidade	<input type="text"/>		
Distância de transporte	<input type="text"/>	km	
Lenha			
Quantidade (base úmida)	<input type="text" value="18.192,00"/>	t/ano	
Umidade	<input type="text" value="45,00%"/>		
Distância de transporte	<input type="text" value="110,00"/>	km	
Fase de distribuição			
Rodoviário	<input type="text" value="100,00%"/>		
Fluvial	<input type="text" value="0,00%"/>		
Ferroviário	<input type="text" value="0,00%"/>		

Anexo 11 - Matriz SWOT.

ANÁLISE SWOT

Na conquista do objectivo

Ajuda

Atrapaia



Fonte: Silva da (2011).