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

PAOLA MERCADANTE PETRY

**AVALIAÇÃO DO PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E
USO DO BIODIESEL (PNPB): AVANÇOS E DESAFIOS EM ONZE
ANOS DE MISTURA COMPULSÓRIA**

**SÃO PAULO
2020**

PAOLA MERCADANTE PETRY

AVALIAÇÃO DO PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DO
BIODIESEL (PNPB): AVANÇOS E DESAFIOS EM ONZE ANOS DE MISTURA
COMPULSÓRIA

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

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Patrícia Helena Lara dos Santos Matai

Versão Corrigida

(Versão original disponível na Biblioteca do Instituto de Energia e Ambiente e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP)

São Paulo
2020

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

Petry, Paola Mercadante.

Avaliação do programa nacional de produção e uso do biodiesel (PNPB): avanços e desafios em onze anos de mistura compulsória. / Paola Mercadante Petry; orientadora: Patrícia Helena Lara dos Santos Matai – São Paulo, 2020. 121f.: 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. Biocombustíveis. 3. Política energética. 4. Inclusão social. I. Título.

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

Nome: PETRY, Mercadante Paola

Título: Avaliação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB):
avanços e desafios em onze anos de mistura compulsória

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

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr: _____ Instituição: _____

Presidente: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Chegando ao fim desse mergulho, me dou conta da grandeza desse processo. Em meio a conturbadas eleições, pandemia, descrença na ciência e o desmonte nas nossas universidades, acende uma vontade de acreditar na pesquisa científica. Nesse percurso que, felizmente, não fiz sozinha, tenho muito a agradecer.

Aos meus pais, Margareth e Bruno, seres amorosos e iluminados, que me colocaram no caminho dos estudos. Ao meu irmão, Guilherme, pela parceria, e ao Guilherme, companheiro do amor e discussões. Aos meus amigos e colegas da vida acadêmica pelo apoio e inspiração.

À minha orientadora, Professora Patrícia Matai, não só uma luz para a pesquisa, mas também para as dúvidas existenciais, sempre presente quando precisamos, mesmo que encarregada de um mundo de outras responsabilidades. À Professora Hirdan Costa também pela orientação, confiança e oportunidades que me foram dadas. Aos Professores Alessandro Sanches, José Camacho e Alfredo Maiorano, membros da banca, que contribuíram imensamente com a construção da dissertação e da minha vivência como pesquisadora.

Ao pessoal da secretaria de pós-graduação, aos demais representantes discentes, aos professores e funcionários do Instituto e da biblioteca pela atenção e companhia em cada passo.

Gostaria de ressaltar a importância das bolsas de financiamento para alunos de pós-graduação e de toda a estrutura do campus para a permanência em nossos trabalhos. Agradeço a todos que li, reli e que pude consultar, conversar e aprender. Aos que dedicaram tempo e espaço para ler e discutir comigo trechos desse trabalho.

Muito obrigada!

“A primeira tarefa que se impõe no exercício dessa missão é ter coragem de lavar os olhos para ver nossa realidade, é perscrutá-la, é examiná-la, é analisá-la. O Brasil, entendido como seu povo e seu destino, é nosso tema e nosso problema”.

(Darcy Ribeiro, Universidade para quê? 1986).

“O samba reinou a noite inteira de uma tal maneira que espantou a tristeza”

(Dona Ivone Lara/Delcio Carvalho, 1978).

RESUMO

PETRY, Paola. **Avaliação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB): avanços e desafios em onze anos de mistura compulsória**. 2020. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

O Programa de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), lançado em 2004, foi a primeira política agroenergética com viés social no Brasil. Desse modo, além da implementação da indústria do biodiesel e de um novo mercado no país, o Programa tem como objetivo a inclusão de agricultores familiares como fornecedores de matéria-prima. O biodiesel, embora não seja uma solução disruptiva para descarbonização dos transportes, é utilizado como substituto parcial do diesel em motores a combustão interna e emite menos Gases do Efeito Estufa (GEEs) em comparação ao seu equivalente fóssil. Em 2008, o governo federal introduziu a mistura compulsória de 2% (B2) de biodiesel ao diesel. Essa porcentagem foi sendo gradualmente acrescida, atingindo 10% (B10) em 2018. Esse trabalho avaliou os impactos do PNPB como política energética nas dimensões tecnológica, econômica, social e ambiental. Foram utilizados dados disponibilizados pelo governo brasileiro e discussões da literatura para traçar os resultados do Programa entre 2008 e 2018 e, com isso, avaliar os avanços e desafios. Foi possível verificar que a expansão da produção e da capacidade instalada acompanhou o aumento da porcentagem da mistura. A consolidação dessa indústria nacional se apoiou em grandes empresas de processamento de soja, o que, por um lado, trouxe a segurança e a garantia do abastecimento, por outro, levou ao fechamento de usinas de pequeno porte e uma distribuição desigual da produção pelo território nacional. Foi constatada uma redução da dependência externa por diesel importado e uma vantagem econômica nesse balanço. Ademais, foram reunidas estimativas das emissões evitadas de gás carbônico equivalente (CO₂eq) pelo uso do biodiesel. Na dimensão social, embora a arrecadação média anual das famílias incluídas tenha aumentado, os números da inclusão estão aquém dos objetivos iniciais. Outro desafio remanescente é a diversificação das matérias-primas para o biodiesel. O aumento para 15% de mistura (B15) está previsto até 2025 e as perspectivas diante da nova Política Nacional dos Biocombustíveis, o RenovaBio, apontam que a dimensão ambiental pode orientar novos rumos, incentivando inovações na tecnologia de produção e maior aproveitamento de resíduos. Com isso, a avaliação realizada permitiu uma discussão sobre os principais aspectos do PNPB, apontando, inclusive a falta de transparência em alguns dados. A análise pode ser utilizada em trabalhos futuros para avaliação do setor de biodiesel a partir dos novos impulsos.

Palavras-chave: Biodiesel. Biocombustível. PNPB. Política Energética. Inclusão social. Aspectos Regionais.

ABSTRACT

PETRY, Paola. **Brazilian Biodiesel Production and Use Program: advances and challenges in eleven years of mandatory blend**. 2020. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

The Biodiesel Production and Use Program (PNPB), launched in 2004, was the first rural and energy policy with social directives in Brazil. In addition to the implementation of the biodiesel industry and market, the Program aims to include family farmers as suppliers of raw materials. Biodiesel is a partial substitute for diesel in internal combustion engines and emits less Green House Gases (GHG) compared to fossil diesel, although it is not a disruptive solution for transport decarbonisation. In 2008, the federal government introduced the mandatory blend of 2% biodiesel to diesel (B2). This percentage gradually increased, reaching 10% in 2018 (B10). This work evaluated the impacts of PNPB as an energy policy in the technological, economic, social and environmental dimensions. Official data and literature review supported the analysis of the Program's results between 2008 and 2018, including the advances and challenges. It was possible to verify that the expansion of production and installed capacity followed the rise of mandatory blends. The consolidation of the national biodiesel industry relied on the large soy processing industries, which, on the one hand, brought security of supply, on the other, led to a closing of small plants and an uneven distribution of the plants throughout the national territory. There was a reduction in external dependence on imported diesel and an economic advantage in this balance. In addition, the PNPB is responsible to avoided CO₂eq emissions. In the social dimension, although the average annual income of the families included has increased, the numbers of inclusion are below the initial objectives. Another remain challenge is the diversification of raw materials for biodiesel. The increase to 15% blend (B15) is expected by 2025 and the prospects for the new National Biofuel Policy, RenovaBio, point out that the environmental dimension can guide new directions, encouraging innovations in technology and greater use of waste materials. This work support future analyses of the performance of the biodiesel sector from the new impulses.

Key words: Biodiesel. Biofuel. PNPB. Energy Policy. Social Inclusion. Regional Aspects.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de dimensões e critérios adotados para avaliação do PNPB como política energética.....	21
Figura 2 - Diagrama do processo de produção do biodiesel.....	23
Figura 3 - Esquema da reação de transesterificação.....	23
Figura 4 - Evolução da produção de biodiesel no Brasil 2008 a 2018.	29
Figura 5 - Evolução do uso de matérias-primas para produção de biodiesel de 2008 a 2018.	30
Figura 6 - Evolução da área plantada de soja no Brasil por região.	34
Figura 7 - Porcentagem de estabelecimentos em cada faixa de área em hectares por região.	37
Figura 8 - Esquema dos integrantes da cadeia do biodiesel e as relações entre eles.....	43
Figura 9 - Número de trabalhos publicados sobre o tema biodiesel com afiliação brasileira entre 2001 e junho de 2011.....	49
Figura 10 - Número de publicações por área entre 2004 e 2019.....	50
Figura 11 - Capacidade instalada anual por região nos anos de 2009, 2014 e 2018.	68
Figura 12 - Mapa das usinas produtoras de biodiesel no Brasil em 2018	69
Figura 13 – Evolução da produção de biodiesel anual por região.....	70
Figura 14 - Comparação da matriz de transportes brasileira de 2008 e 2018.	75
Figura 15 - Evolução dos volumes de diesel importado e de biodiesel produzidos entre 2008 e 2018.	76
Figura 16 - Evolução das quantidades e valores referentes à importação de metanol para produção de biodiesel.....	79
Figura 17 - Evolução das exportações de glicerol bruto e importações de metanol para biodiesel em Milhões de US\$FOB.	80
Figura 18 - Evolução dos preços do diesel na refinaria, diesel para o consumidor final, óleo de soja e biodiesel entre 2008 e 2018.	81
Figura 19 - Evolução do número de famílias incluídas no PNPB.....	85
Figura 20 - Evolução do número de cooperativas fornecedoras de matéria-prima no PNPB.	86
Figura 21 - Evolução do volume de matéria-prima adquirida nos arranjos do SCS.	87
Figura 22 - Evolução da arrecadação anual média por família (R\$/família) incluída no PNPB	88

Figura 23 - Evolução das emissões do setor de transportes considerando o uso do diesel nos modais rodoviário, hidroviário e ferroviário entre 2000 e 2018.	97
Figura 24 - Evolução das vendas nas distribuidoras de combustível (2008 a 2018).....	98
Figura 25 - Emissões evitadas por tipo de biocombustível no Brasil em 2018.....	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação das rotas metálicas e etílicas.	24
Tabela 2 - Produção de biodiesel dos cinco maiores países produtores em 2018.	28
Tabela 3 - Vantagens e desvantagens das principais matérias-primas brasileiras da produção de biodiesel.	32
Tabela 4 - Produção de soja nos EUA, Brasil e nos estados Mato Grosso (MT), Paraná (PR) e Rio Grande do Sul (RS) na safra de 2017/2018.	33
Tabela 5 – Utilização das terras pelos estabelecimentos agropecuários em 2006 e 2017	35
Tabela 6 - Área plantada de soja por região e área plantada total das lavouras temporárias.	36
Tabela 7 - Principais mudanças no sistema de leilões de biodiesel.....	44
Tabela 8 - Alterações nos parâmetros de qualidade do biodiesel e respectivas resoluções da ANP	46
Tabela 9 - Referência, título e dimensão atribuída dos artigos selecionados	51
Tabela 10 - Relação de instituições responsáveis, formas de atuação, instrumentos adotados e beneficiários de cada política pública relacionada ao PNPB.	63
Tabela 11 - Relação do número de usinas por região nos anos 2009, 2013, 2018.....	69
Tabela 12 - Fluxo do biodiesel entre as regiões em 2018	70
Tabela 13 - Relação das usinas com maior capacidade instalada por região nos anos 2009, 2014 e 2018.	71
Tabela 14 - Comparação dos dados de produção de biodiesel e importação de diesel nos anos 2009 e 2018 para o cenário real e hipotético, sem o uso do biodiesel.	77
Tabela 15 - Relação de quantidade e valor referente à importação real de diesel por ano entre 2008 e 2018 e respectivas quantidades e dispêndios com diesel adicional.	78
Tabela 16 – Economia referente à redução das importações de diesel, dispêndios com importação de metanol e receita com exportação de glicerol bruto entre 2008 e 2018.	80
Tabela 17 - Quantidade adquirida da agricultura familiar e valor da arrecadação no PNPB por região e produto em 2017.....	89
Tabela 18 – Dados do complexo da soja brasileiro. Valores em milhões de toneladas .	92
Tabela 19 - Quantidades e valores médios por produto do processamento da soja em 2017.	93

Tabela 20 - Emissões evitadas por ano pelo uso de biodiesel entre 2012 e 2018 e evolução do percentual de mistura de biodiesel..... 100

SUMÁRIO

1. Introdução.....	13
1.1. Objetivos	17
1.2. Metodologia	18
2. O Biodiesel: definição e obtenção	21
2.1. Matérias-primas.....	24
2.2. Qualidade do biodiesel.....	27
2.3. Produção mundial de biodiesel	28
2.4. Produção brasileira de biodiesel.....	29
2.4.1. A soja e o uso da terra no Brasil	32
3. O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel.....	39
3.1. Histórico e antecedentes.....	39
3.2. Objetivos do PNPB	41
3.3. Arranjo político-institucional	42
3.4. Principais alterações regulatórias no PNPB	44
4. Revisão da literatura	48
4.1. Contribuições relevantes dos artigos selecionados	50
5. Política energética.....	60
5.1. Políticas públicas e segurança energética.....	60
5.2. Regulação de políticas promocionais no setor energético	62
5.3. Políticas públicas e mecanismos relacionadas ao PNPB	63
5.4. Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio).....	64
6. Evolução do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel: 2008-2018 .	67
6.1. Dimensão tecnológica	67
6.2. Dimensão econômica	74
6.3. Dimensão social	84
6.4. Dimensão ambiental.....	96
6.5. Avanços e desafios	102
7. Considerações finais.....	106
8. Referências	110

1. Introdução

O caminho para uma matriz energética mais diversa e renovável passa pelo atual processo de transição, o qual visa maior inserção das energias renováveis e redução da dependência por fontes fósseis de energia, como carvão e petróleo. A humanidade vivenciou transições energéticas anteriores que possibilitaram o aumento da complexidade dos sistemas (BURKE, 2015). Nas palavras de Winston Churchill, o petróleo significou para os navios ingleses, movidos a carvão, mais poder de fogo e rapidez em anos que antecederam a Primeira Guerra Mundial (YERGIN, 2014).

Nesse contexto de mudança do setor energético, as transições não foram imediatas. Smil (2014) analisou a evolução da participação das fontes energéticas ao longo dos anos a partir de 1840 e mostrou que o aumento da participação do carvão de 5% para 50%, em substituição a lenha, levou 60 anos e, para que o petróleo passasse de 5% para 40% da oferta mundial de energia, reduzindo a predominância do carvão, foram necessários outros 60 anos. Assim, a tendência é que a atual transição também leve seu tempo (SMIL, 2014).

Em 2018, do total de energia consumido no mundo, 11% foi provido por fontes modernas e renováveis tais como solar, eólica, biocombustíveis e hidroeletricidade (REN 21, 2020). Embora esse percentual tenha aumentado nos últimos anos, o ritmo ainda é lento. Para acelerar essa transição é preciso enfrentar a vantagem energética e as estruturas consolidadas da produção, uso e mercado das fontes fósseis que ainda recebem subsídios (SOVACOO, 2017).

Iniciativas contrárias ao avanço dos combustíveis fósseis, como os desinvestimentos anunciados pelo Banco Mundial, são parte desse enfrentamento (AYLING e GUNNINGHAM, 2017). Além disso, outra atuação que contribui para a transição energética atual é o estabelecimento de políticas mundiais, nacionais e locais favoráveis às fontes renováveis, em consonância com a adoção de estratégias para mitigação das mudanças climáticas.

As pressões ambientais e o alinhamento das políticas públicas em torno de metas globais de redução das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEEs) têm promovido o desenvolvimento de tecnologias para energias menos poluentes. Segundo Azar e Sandén (2011), a promoção da transição energética em nível global depende de políticas específicas para as fontes renováveis.

No Brasil, o Proálcool, Programa Nacional do Álcool, implementado na década de 1970 é um exemplo de como uma política pode definir estratégias efetivas no desenvolvimento de uma cadeia energética, nesse caso, do etanol obtido a partir da fermentação do açúcar da cana-de-açúcar (GOLDEMBERG, COELHO e LUCON, 2004). Por outro lado, as políticas devem ser bem planejadas e constantemente avaliadas, pois há também o risco de direcionar recursos e esforços na promoção de uma determinada fonte e, no entanto, não escolher a melhor opção energética, ou ainda, gerar outros danos e externalidades negativas, sem contribuir com a redução dos impactos socioambientais (MONBIOT, 2014).

Dentre as energias contempladas como modernas e renováveis¹ estão os biocombustíveis, que são obtidos a partir de biomassa e são utilizados em motores a combustão, substituindo parte da demanda por combustíveis derivados de petróleo. Como o setor de transportes é um dos que mais consomem energia e também associado às emissões de poluentes e GEEs, os biocombustíveis desempenham um papel importante nas estratégias de redução das emissões brasileiras (EPE, 2018 e EPE, 2019a). O biodiesel está entre os principais biocombustíveis nacionais, sendo obtido, majoritariamente, a partir da reação de óleo vegetal com metanol, produzindo também glicerina como subproduto (KNOTHE et al, 2006).

Esse trabalho trata, especificamente, do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), lançado em 2004 pelo Ministério de Minas e Energia (MME), visando à adição de biodiesel ao diesel de petróleo para uso em motores a combustão. Desde sua formulação, o PNPB teve a questão social como pauta em sua agenda de decisões a fim de assegurar a participação de agricultores familiares na cadeia de produção do biodiesel e gerar emprego e renda no campo (PEDROTI, 2013).

Essa participação é promovida por meio do Selo Combustível Social (SCS): certificado dado aos produtores de biodiesel que comprem matéria-prima de agricultores familiares. Vale ressaltar que o Programa foi a primeira política agroenergética brasileira que teve em seus objetivos a inclusão social além do enfoque econômico e energético (PEDROTI, 2013). O Brasil foi também um dos primeiros países a associar seu programa de biodiesel com a promoção da agricultura familiar (OLIVEIRA e COELHO, 2017).

Segundo Sachs (2002), as políticas econômicas precisam criar um cenário para o crescimento socialmente equitativo, ambientalmente prudente e economicamente viável,

¹ As energias modernas e renováveis excluem o uso da biomassa tradicional que, por sua vez, está associada a dependência por lenha, carvão vegetal e resíduos orgânicos para cocção (REN 21, 2020).

sendo esses os caminhos para o *Ecodesenvolvimento*. No mesmo sentido, a agenda 2030 da ONU, divulgada em 2015, estabeleceu os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) apontando os principais focos de ação. Entre os objetivos estão: ação contra a mudança global do clima, promoção de energia limpa e acessível, redução das desigualdades e promoção da indústria, inovação, infraestrutura e agricultura sustentável, posicionados lado a lado. Entretanto, a Agenda reconhece que a erradicação da pobreza é o maior desafio e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável (ONU BRASIL, 2015). Com isso, o desenvolvimento sustentável apresenta múltiplas variáveis que precisam ser equacionadas e, geralmente, essa responsabilidade é atribuída à esfera política (PINTO JR. et al, 2007).

Do mesmo modo, as políticas energéticas são responsáveis tanto pela promoção da transição energética quanto pela minimização dos impactos negativos da geração e do uso da energia e pela promoção do bem-estar social (PINTO JR. et al, 2007). Nesse sentido, a avaliação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel buscou verificar se a tecnologia e as políticas públicas relacionadas ao programa estão sendo aplicadas proporcionando o desenvolvimento social e econômico e contribuindo para a redução das emissões no setor de transportes brasileiro. A análise utilizou dados obtidos de instituições governamentais brasileiras e discussões levantadas na literatura sobre o tema; considerando também aspectos relevantes da inclusão da agricultura familiar, manutenção da cadeia do biodiesel, segurança energética e emissões do setor de transportes.

A obrigatoriedade da mistura de biodiesel no diesel teve início em janeiro de 2008 com a proporção de 2% (B2). Nos períodos anteriores, a mistura era de caráter opcional e aumentou gradativamente ao longo dos anos após se tornar obrigatória. Em março de 2018 a proporção passou a ser de 10% (B10) (ANP, 2020a).

O aumento da mistura de biodiesel para 15% (B15) está previsto até 2025 como uma das medidas brasileiras para cumprimento das metas de redução das emissões assumidas pelo Brasil no Acordo de Paris (EPE, 2018). Os países signatários do acordo se comprometeram a reduzir suas emissões com base nos planos de ação e metas definidas nas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC, sigla em inglês).

O biodiesel faz parte dessas ações no Brasil pois compõe a parcela de bioenergia na matriz energética e emite menos gás carbônico (CO₂) e poluentes como hidrocarbonetos (HC), monóxido de carbono (CO) e material particulado (MP) quando

comparado ao diesel puro. Essa redução é mais significativa quanto maior a porcentagem de mistura de biodiesel no diesel (MAPA, 2013).

O aumento da concentração desses gases na atmosfera, além de contribuir com a poluição atmosférica e as mudanças climáticas, são uma questão de saúde pública, pois esses poluentes intensificam a ocorrência de problemas respiratórios na população (SALDIVA et al, 2001). Os materiais particulados são os mais associados a esse dano em grandes cidades (EPA, 2002). Por outro lado, a queima do biodiesel pode aumentar as emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x) também prejudicial; entretanto, o uso de conversores catalíticos e aditivos nos veículos automotores mitigam esse efeito (FETRANSPOR, 2011).

Além da redução das emissões, o uso de biodiesel no transporte brasileiro também pode reduzir a quantidade e os custos da importação de diesel. No ano de 2018, o Brasil importou 11,6 bilhões de litros de diesel (ANP, 2019a), sendo esse o combustível mais utilizado no setor de transportes do país: 44% da matriz energética de transportes (EPE, 2018).

A literatura aponta que o PNPB não atingiu alguns dos seus objetivos iniciais, como por exemplo, a diversificação de matérias-primas para produção de biodiesel. No ano de 2018, o óleo de soja correspondeu a 69,8% das matérias-primas e, o segundo material mais utilizado foi a gordura animal (bovina, suína e de frango), 16,2% (ANP, 2019a).

A soja é uma *commodity* produzida em grande escala e fortemente atrelada à agroindústria no país (DOMINGUES, 2016). Assim, o Programa se consolidou em bases que não promovem a diversificação das matérias-primas e sustentado pelo agronegócio das plantações de soja, apesar do viés social (RIVAS DE OLIVEIRA et al., 2012). A etapa de produção do biodiesel é concentrada em empresas que processam óleos vegetais e nas regiões Centro-Oeste e Sul, grandes produtoras de soja (MORENO-PÉREZ, MARCOSSI e ORTIZ-MIRANDA, 2017).

A concentração da produção pode estar relacionada, entre outras questões de mercado, com o aumento do rigor sobre a qualidade do biodiesel definida pela ANP, por meio da Resolução ANP N° 45 de 25.08.2014 (RESOLUÇÃO ANP, 2014). Os investimentos em infraestrutura específica para os testes de qualidade do biodiesel, também regulamentada pela ANP, podem dificultar a permanência do pequeno produtor (BARUFI et al, 2007).

Dessa maneira, tendo em vista os objetivos do programa e os 11 anos de aplicação da mistura compulsória (2008 - 2018), cabe uma avaliação para identificar objetivos alcançados, impactos e desafios consequentes da adoção dessa política no Brasil. A avaliação dos resultados permite auxiliar uma melhor condução do PNPB, visto que o aumento da proporção de biodiesel no diesel é uma estratégia para os próximos anos.

1.1.Objetivos

O objetivo geral desse trabalho é avaliar os resultados do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel no período entre 2008 e 2018 a partir das dimensões econômica, social, ambiental e tecnológica. A finalidade da análise é identificar avanços, como objetivos alcançados e melhorias, e desafios relacionados aos impactos e dificuldades do programa que ainda precisam ser revistas nas estratégias para os próximos anos.

Sendo assim, é possível elencar os seguintes objetivos específicos para o período de 2008 a 2018:

- Contextualizar o atual estado da tecnologia de produção e do mercado de biodiesel no Brasil, em termos de normas de qualidade do combustível, condições do processo produtivo, distribuição das usinas no território brasileiro, evolução da capacidade instalada e das matérias-primas utilizadas.
- Avaliar a participação da agricultura familiar no programa, a geração de renda e defasagens dessa inclusão a partir do histórico de desempenho do Selo Combustível Social (SCS).
- Avaliar o impacto do PNPB em relação às importações de diesel de petróleo e metanol, em termos energéticos e monetários, a partir do histórico de importações desses produtos.
- Avaliar a contribuição para a redução das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEEs) em emissões de CO₂eq² evitadas com o uso do biodiesel.
- Identificar questões que ainda precisam ser estudados no escopo do programa, como a falta de dados ou de transparência do PNPB para avaliar e ajustar essa política em relação a seus efeitos técnicos, sociais, ambientais e econômicos.

² CO₂eq– O dióxido de carbono equivalente é o resultado da multiplicação das toneladas emitidas de cada GEEs pelo seu potencial de aquecimento global.

1.2. Metodologia

Essa pesquisa é de nível exploratório e buscou esclarecimentos acerca do tema estudado utilizando uma estratégia bibliográfica e documental para coleta de dados. A análise teve início com a revisão bibliográfica mais ampla trazendo conceitos e temas pertinentes, como biodiesel e sua produção e a comparação do programa brasileiro e das normas de qualidade desse combustível em outros países, principalmente Alemanha e Estados Unidos, por serem os principais produtores além do Brasil. O histórico, os antecedentes do programa e o atual contexto regulatório no país também são apresentados, bem como as políticas públicas envolvidas.

Em seguida, foi realizada uma revisão da literatura científica utilizando a base internacional de referências Scopus a fim de encontrar as principais referências do tema associado ao contexto brasileiro. Esse tipo de busca permite não só o reconhecimento do que está sendo pesquisado, mas também a verificação da influência do tema no meio científico como suporte para tomada de decisão em políticas públicas (VIANNA, 2012).

Com isso, foi preciso definir e delimitar: base de dados, escopo, palavras-chave da busca e estratégia de classificação. A base de dados escolhida foi a Plataforma digital Scopus que pertence à Editora Elsevier de conteúdo multidisciplinar e que permite uma busca integrada com o Science Direct e Scirus, sem que isso leve à duplicação de artigos.

O escopo da busca foi determinado pela categoria “título, resumo e palavras-chave” (“*article title, abstract, keywords*”), sendo limitada a artigos e revisões publicados entre 2004 e 25 de junho de 2019 disponíveis para todo tipo de acesso. As palavras-chave escolhidas para a busca foram “Biodiesel AND Brazil” pois o interesse desse trabalho é o biodiesel no contexto brasileiro e, como a plataforma é internacional, optou-se pelo idioma inglês para as palavras-chave. Essa busca resultou em 593 resultados.

A plataforma Scopus oferece uma classificação por área, sendo que um artigo pode ser classificado em mais de uma área. Foram selecionados artigos acoplados nas áreas energia, química, engenharia e engenharia química, ciência ambiental, ciência social, ciências biológicas e da agricultura, ciências da Terra, gestão de negócios, economia e finanças. Foi também selecionada a opção de tipo de fonte equivalente a artigos de periódicos (*journals*). Com isso, a busca foi reduzida para 443 artigos.

Os dados de autores, título e ano foram exportados para uma planilha de Excel onde foram organizados por ordem do mais recente para o mais antigo. E, como estratégia de classificação, foi realizada a leitura dos títulos dos artigos; quando necessário também

foram consultados os resumos, atribuindo a eles uma classificação referente à dimensão que é predominante abordada em cada artigo: (1) tecnológica, (2) econômica, (3) ambiental, (4) social e (5) outros.

A dimensão tecnológica reuniu artigos que abordavam matérias-primas, rotas de produção, subprodutos e análise químicas de critérios de qualidade do biodiesel. A dimensão econômica englobou questões políticas, históricas e temas como viabilidade e análise econômica do uso do biodiesel e sua cadeia produtiva. A dimensão ambiental foi composta por artigos que tratavam de emissões do biodiesel, desde testes de emissão de motores, Análise de Ciclo de Vida (ACV) até análises gerais sobre potencial de redução das emissões e questões relacionadas à saúde pública, como doenças respiratórias intensificadas por poluentes atmosféricos. Artigos com o tema agricultura familiar e Selo Combustível Social estão na dimensão social. Por fim, a categoria “outros” foi dada aos artigos que não se enquadravam nas demais, por tratarem de análises bibliométricas ou outros biocombustíveis; esses artigos foram retirados da análise, um total de 44, reduzindo para 399 artigos.

Na mesma planilha foi realizada uma busca por títulos que continham a palavra “*Brazil*” ou derivadas dela entre 2008 e 2019, para filtrar a busca por artigos que analisavam o PNPB nesse período, resultando em 178 artigos. A partir desse resultado foram escolhidos artigos para leitura integral. Títulos específicos sobre o processo produtivo variando rotas e matérias primas, que são a maioria dos artigos, não foram prioridade. Do mesmo modo, artigos que exploravam outros impactos ambientais do biodiesel além do aspecto das emissões de GEEs também não foram considerados pois não são o foco desse trabalho. Com isso, 35 artigos foram selecionados.

Após a leitura, as contribuições de 13 artigos mais relevantes para esse trabalho são abordadas no capítulo de revisão da literatura. Mesmo sendo uma amostra pequena em relação ao total de artigos encontrados na busca inicial, essa revisão resultou em uma compreensão da visão geral do desempenho do programa e do levantamento das principais críticas presentes na literatura ao longo dos anos; servindo de base para a discussão dos resultados desse trabalho. Demais referências necessárias para discussões específicas foram obtidas para além dos resultados dessa busca, como as teses e dissertações de universidades brasileiras e livros consultados.

A estratégia utilizada para classificar os artigos foi comparada com outras duas revisões encontradas na literatura com o tema biodiesel: uma nacional publicada em

Vianna (2012) e outra internacional, Zhang et al (2018), a fim de levantar preocupações em comum da produção científica e sua evolução.

Posteriormente, um levantamento com avaliação crítica dos dados oficiais da cadeia do biodiesel no Brasil foi apresentado como resultado desse trabalho. Os dados foram baseados principalmente nas publicações abertas de instituições brasileiras como: Ministério de Minas e Energia (MME), Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), Secretaria da Agricultura Familiar, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e Agência Nacional do Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis (ANP).

A avaliação do programa é fundamentada na proposta de análise de políticas energéticas por dimensões. Em Ratmann et al. (2012), o PNPB foi avaliado considerando suas dimensões socioeconômica, tecnológica, política e ambiental. Mur Castro (2019) comparou os Programas de biodiesel brasileiro e o colombiano a partir das dimensões sociais, ambientais e econômicas. No entanto, foi adotada a visão extraída de Pinto Jr. et al (2007), na qual consta que os impactos de uma política energética são apresentados nas dimensões econômica, ambiental, tecnológica e social. Portanto, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel foi visto como uma política energética e analisado a partir da divisão nessas dimensões no período entre 2008 e 2018.

A Figura 1 representa o entendimento do PNPB como parte da política energética brasileira e que, por isso, apresenta impactos nas dimensões consideradas. Os principais critérios analisados em cada dimensão também constam nessa representação.

Figura 1 - Esquema de dimensões e critérios adotados para avaliação do PNPB como política energética.

Fonte: elaboração própria.

2. O Biodiesel: definição e obtenção

O biodiesel, 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). 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 (KNOTHE et al, 2006).

Com isso, o biodiesel também pode ser definido em termos do seu uso energético, como um combustível e, por ser derivado de fontes vegetais, compõem o leque de

energias modernas e renováveis na categoria de biocombustíveis. Cabe ressaltar que a maneira como a cadeia de produção, distribuição e uso do biodiesel é conduzida interfere na sua pegada ambiental e, não necessariamente por ter o prefixo “bio” e uma origem na biomassa, é um combustível livre de emissões e de impactos ambientais. A denominação agrocombustível já foi sugerida para fazer essa ressalva, entretanto, a literatura de modo geral trata o biodiesel como biocombustível (BERMANN, 2008; LEROY, 2008).

O processo de obtenção do biodiesel tem algumas etapas além da reação de transesterificação, podendo ser iniciado com um processo de pré-tratamento da matéria-prima, dependendo da natureza e da qualidade da mesma. Após a reação, seguem processos de separação dos produtos da reação, lavagem e secagem para adequação do biodiesel ao padrão de qualidade de cada país. A separação acontece por decantação: a glicerina se deposita no fundo do separador por apresentar uma densidade maior, facilitando sua extração. O biodiesel geralmente segue para as etapas de lavagem com água que podem conter algumas substâncias como ácidos, para neutralização de eventuais excessos de catalisador básico utilizado na reação. No processo há a formação de sabão que decanta com a glicerina e demais impurezas ou são eliminados com a lavagem. Na sequência, o biodiesel é secado para evaporar o excesso de água (KNOTHE et al, 2006). A Figura 2 contém o diagrama e as etapas do processo de produção de biodiesel.

Figura 2 - Diagrama do processo de produção do biodiesel

Fonte: Parente (2003).

Os ésteres que correspondem ao biodiesel podem ser obtidos de outras formas além da reação de transesterificação como, por exemplo, craqueamento, esterificação e destilação reativa. No entanto, a literatura se habituou a considerar biodiesel como o produto obtido do processo de transesterificação (KNOTHE et al, 2006; GARCILASSO, 2014). A Figura 3 corresponde a equação da reação de transesterificação.

Figura 3 - Esquema da reação de transesterificação

Fonte: adaptado de Knothe et al (2006).

Como pode ser observado pela equação da reação, o triglicerídeo, ou triglicéride, e o álcool reagem em uma proporção molar de 1:3, respeitando o balanceamento da equação. Porém é preciso adicionar uma quantidade de álcool em excesso para deslocar o equilíbrio da reação no sentido de formação dos produtos a fim de melhorar o rendimento (KNOTHE et al, 2006). No caso da rota etílica, é recomendado um excesso ainda maior que na rota metílica. Esse excesso é recuperado e o álcool que não reagiu retorna para o processo como foi indicado no diagrama da Figura 2 (PARENTE, 2003).

Além de ser necessária uma quantidade maior de etanol, existem outras vantagens do uso da rota metílica para produção de biodiesel. O uso de metanol também evita excesso de água na reação em comparação ao uso do etanol hidratado, visto que o etanol anidro encareceria mais o processo. O rendimento da reação com metanol é maior e a temperatura e o tempo de reação são menores, o que implica em uma maior eficiência energética do processo. Essas diferenças do processo com metanol e com etanol estão quantificadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Comparação das rotas metílicas e etílicas.

Quantidades e condições usuais médias	Rota metílica	Rota etílica
Consumo de álcool a cada mil litros de biodiesel	90kg	130kg
Temperatura da reação	60°C	85°C
Tempo de reação	45 minutos	90 minutos

Fonte: Adaptado de Parente (2003).

Entretanto o metanol é derivado do petróleo e, para tornar a cadeia do biodiesel menos dependente de fontes fósseis, a consideração do uso do etanol é relevante por ser derivado de biomassa e não tóxico, facilitando o manuseio e reduzindo os riscos de contaminação. Na realidade brasileira isso é ainda mais pertinente pois o Brasil é o segundo maior produtor de etanol (REN 21, 2020). A EPE considera rota metílica para produção de biodiesel na elaboração do Balanço Energético Nacional (EPE, 2018b) e os dados oficiais do uso de etanol para esse fim não são declarados.

Sendo assim, é importante considerar a relação da importação de metanol, visto que é o álcool mais utilizado na produção de biodiesel, e a redução da importação de diesel. Na análise feita por Rathmann et al (2012), o balanço da redução das importações de diesel e do gasto com importação de metanol para produção de biodiesel constatou um déficit para o Brasil em 2009. Com isso, a premissa de que a produção de biodiesel

favorece a balança comercial do país, por substituir parte da demanda de diesel importado, precisa ser avaliada e depende dos preços desses produtos no mercado internacional.

2.1. Matérias-primas

Conforme apresentado na equação da reação de transesterificação, é preciso uma fonte de triglicerídeo, sendo que qualquer óleo vegetal enquadrado nessa classificação pode ser utilizado para produção de biodiesel. Nesse critério se encontram os óleos de amendoim, dendê, coco, babaçu, mamona, caroço de algodão, colza (canola), girassol, abacate, linhaça, amêndoas, soja entre outros. É possível também utilizar gorduras residuais como sebo bovino, suíno e gordura de frango e peixe. Ou ainda reaproveitar óleos vegetais utilizados para fritura. O programa de biodiesel da Inglaterra, por exemplo, é baseado no uso de óleos residuais de fritura (BOMB et al., 2007).

Há também na literatura registros da produção de biodiesel do óleo extraído da borra de café. O aproveitamento de resíduo é uma possibilidade pertinente, evita contaminação do meio, reduz o fluxo destinado aos aterros e, ainda, aproveita o potencial energético do material (SANTOS, 2010).

A Economia Circular é um conceito que prevê regeneração e desenvolvimento de sistemas para redução dos desperdícios de recursos e fechamento dos ciclos materiais e energéticos. Dessa forma, o aproveitamento de resíduos e a promoção da simbiose entre indústrias são etapas fundamentais (VANHAMÄKI et al., 2020). Na indústria de biodiesel, esse princípio pode ser aplicado com o uso de matérias-primas residuais: sebo, óleo usado e materiais graxos adquiridos de outros processos industriais, e ainda, com o aproveitamento do glicerol, subproduto da reação, e útil para outras empresas como de cosméticos, produtos de limpeza, lubrificantes e também para biodigestão.

Ademais, o uso de resíduos não intensifica o conflito de terra entre o cultivo de itens alimentícios e biomassa para energia, fator que pesa negativamente na aplicação de oleaginosas para fins energéticos. O uso de óleos vegetais que são parte da cultura alimentar na produção de biodiesel pode elevar o preço do óleo se a oferta do produto não aumentar suficientemente.

No Brasil, dentre as oleaginosas, a mamona tem um teor de óleo considerado alto, entre 45 e 50% (m/m), sendo superior ao da soja, que é de 18%; a produtividade da mamona está entre 0,5 e 0,9 toneladas de óleo por hectare enquanto que a soja é cerca de 2 vezes e meia menos produtiva (GARCILASSO, 2014). A alta produtividade da mamona

e o fato de ser um produto do semiárido nordestino, que pode gerar renda para famílias agricultoras do local e desenvolver a região, foi uma grande aposta do PNPB nos seus anos iniciais. Porém o óleo de mamona tem uma viscosidade elevada e isso gera um biodiesel com viscosidade acima do limite estipulado pelas normas de qualidade. Em 2008, a ANP divulgou que o óleo de mamona não era indicado para produção de biodiesel, mas o Governo ressaltou que o uso da mistura do óleo de mamona com outros óleos vegetais poderia resolver essa questão (REPÓRTERBRASIL, 2009; SOUZA, SEABRA e NOGUEIRA, 2018).

Outro aspecto é que o óleo de mamona é mais valorizado em outros mercados, como a indústria de lubrificantes (PARENTE, 2003; SOUZA, SEABRA e NOGUEIRA, 2018). Assim, por uma questão de qualidade do óleo e de problemas com a disponibilidade e suprimento, a mamona não alcançou o sucesso esperado como principal matéria-prima do biodiesel do Nordeste e semiárido (PEDROTI, 2013).

Outra promessa no setor foi o biodiesel de óleo de algas, apontado por algumas pesquisas como o futuro da produção de biodiesel já que as algas apresentam alta concentração lipídica - dependendo da espécie podem ter de 20% a 50% de óleo na biomassa seca -, não precisam competir por solos agrícolas e nem da aplicação de agrotóxicos (LIMA et al, 2014). Porém, a produção de biodiesel a partir do óleo de algas hoje ainda carece de pesquisas e aprimoramento tecnológico. A literatura do tema relata uma dificuldade em relação ao cultivo das microalgas e obtenção do óleo pois é necessário um grande volume cultivado para obtenção de quantidade suficiente. A própria extração do óleo é um gargalo da produção, encarecendo o preço da matéria-prima (LIMA et al, 2014; SOUZA, SEABRA e NOGUEIRA, 2018).

A escolha da matéria-prima para a produção do biodiesel depende da tecnologia disponível e das características de solo, clima e atividade econômica local. A matéria-prima influencia nas condições de operação do processo, como lavagens e secagens, a fim de adequar o produto ao padrão de qualidade; implica também na necessidade ou não de pré-tratamento para garantir o rendimento da reação (KNOTHE et al, 2016; PARENTE, 2003). Essas variações no processo podem significar um incremento nos custos da produção, além da logística e do armazenamento da matéria-prima, que dependendo do local de origem e da natureza do produto, também podem encarecer o processo.

2.2. Qualidade do biodiesel

O aumento da demanda de biodiesel na Alemanha a partir de 1999 fez com que esse mercado se tornasse vantajoso, levando ao aparecimento de novos produtores. Entretanto, também começaram a aparecer reclamações das indústrias automotivas com relação a entupimento de filtros combustível e prejuízo no sistema de injeção, efeitos atribuídos à qualidade do biodiesel (FISCHER, 2005). Como a matéria-prima do biodiesel mais utilizada são os óleos vegetais, tanto no Brasil como na Europa, os maiores produtores de biodiesel são geralmente indústrias do ramo de processamento das oleaginosas (GUTIÉRREZ-OPPE, 2013; MORENO-PÉREZ, MARCOSSI E ORTIZ-MIRANDA, 2017).

Assim, diferentemente da indústria de refino do petróleo que há mais de 100 anos lida com o mercado de combustíveis e com as normas e exigências de qualidade dos mesmos, os produtores de óleos vegetais adentraram em um novo mercado e, por isso, foi preciso adequar a questão da qualidade do biodiesel (FISCHER, 2005). Esse fato também representa um custo para os produtores que precisam investir em laboratórios específicos para testar o biodiesel ou arcar com os custos das análises químicas em empresas credenciadas para esse tipo de avaliação (BIODIESELBR, 2011).

A transformação do óleo vegetal ou gordura animal em biodiesel é um processo relativamente simples. Entretanto, o tipo de matéria-prima determina algumas características do biodiesel obtido que pode estar ou não dentro das especificações (SOUZA, SEABRA e NOGUEIRA, 2018). Assim, para atender aos critérios de qualidade são necessários alguns ajustes nas condições de operação da usina. (BIODIESELBR, 2011).

Na busca por determinar um padrão de qualidade do biodiesel, no final de 1999, foi fundada uma associação alemã da indústria de biodiesel denominada *Biodiesel Association Quality Management* (AGQM). Essa instituição e a UFOP (tradução livre: União para Promoção da Plantas Oleaginosas e Proteicas), também alemã, tinham a missão de garantir a qualidade do biocombustível, determinando os parâmetros e ajudando os produtores e distribuidores a instalar os sistemas de controle da qualidade (FISCHER, 2005).

A AGQM aperfeiçoou normas técnicas preliminares sobre a qualidade do biodiesel emitidas anteriormente na União Europeia e embasou a norma para qualidade do biodiesel EN 14214 do Comitê Europeu de Normalização (CEN). O padrão de

qualidade americano foi elaborado pela *American Society of Testing and Materials* (ASTM) e definido na norma ASTM D6751. Essas normas foram referências para a construção do padrão de qualidade brasileiro que é determinado pela ANP (LÔBO, FERREIRA e CRUZ, 2009).

2.3. Produção mundial de biodiesel

Os investimentos na produção de biodiesel no mundo tiveram início por volta dos anos 1990. O biodiesel foi o biocombustível que mais cresceu no período entre 2002 a 2012, tendo sua produção aumentada em 15 vezes entre esses anos (OLIVEIRA e COELHO, 2017). A Tabela 2 mostra a produção mundial em 2018 dos cinco maiores produtores de biodiesel.

Tabela 2 - Produção de biodiesel dos cinco maiores países produtores em 2018.

País	Produção de biodiesel (milhões de m³)
Estados Unidos	6,9
Brasil	5,4
Alemanha	3,5
Argentina	2,8
França	2,2
Total	20,8

Fonte: elaboração própria com base em REN 21 (2019).

A produção mundial em 2018 foi de 34,3 milhões de m³ e o Brasil é o segundo maior produtor, responsável por 15,7% desse total. O crescimento da produção nos países citados foi fruto de diretrizes políticas e dos incentivos aplicados à cadeia de biodiesel para promoção do uso do biocombustível. O estabelecimento de percentuais obrigatórios de mistura de biodiesel no diesel é uma estratégia adotada em outros países além do Brasil. Em 2018, na Argentina e na Colômbia o percentual mandatório era de 10% de biodiesel no diesel; Índia, Indonésia e Costa Rica, 20% e nos EUA também existe essa obrigação, porém não na totalidade dos estados e os percentuais, quando aplicados, variam de 2 a 10% (REN 21, 2019).

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 THÖNE, 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 (BOMB et al, 2007). A Alemanha também estabelece cotas de participação dos biocombustíveis na parcela total de combustíveis utilizados para transporte (GARDEBROEK, REIMER e BALLER, 2017). Essas cotas estão de acordo com as metas de redução das emissões de gases do efeito estufa e o biodiesel faz parte das diretrizes que viabilizam as metas de descarbonização na Alemanha (UFOP, 2018).

A França estabelece cotas mínimas para a produção de biodiesel, porém não são mandatórias como na Alemanha, mas em contrapartida, aplica um imposto geral para atividades poluidoras desde 2005. Essa ação incentiva revendedoras de combustível e produtores de biodiesel a aumentarem as vendas de biodiesel para atingirem as metas anuais de redução das emissões estabelecidas pelo governo (GARDEBROEK, REIMER e BALLER, 2017).

Com relação as matérias-primas, os programas alemão e francês são baseados no óleo de colza (canola); já o Brasil, os Estado Unidos e a Argentina produzem a maior parte do biodiesel com óleo de soja.

2.4. Produção brasileira de biodiesel

A produção brasileira de biodiesel teve início oficial em 2005 com o lançamento do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) em 2004. A evolução da produção de biodiesel brasileira de 2008 a 2018 está apresentada na Figura 4.

Figura 4 - Evolução da produção de biodiesel no Brasil 2008 a 2018.

Fonte: elaboração própria com base em ANP (2018a, 2019a).

É possível perceber que o crescimento da produção acompanhou o aumento da proporção da mistura obrigatória. De 2008 para 2009 o percentual de mistura passou de 2% para 4%; em 2010 para 5%; em 2014 para 6% e, na sequência, 7% no final do mesmo ano; totalizando 10% a partir de março de 2018 (ANP, 2020).

A regulação brasileira permite o uso voluntário do biodiesel em proporções maiores que a obrigatória (de 20% a 30%) em alguns setores como frotas rodoviárias cativas, transporte ferroviário, máquinas agrícolas e de até 100% em caráter experimental (CNPE, 2015). Desde o início da produção de biodiesel brasileira foram empregados os óleos de soja, algodão, dendê, óleo residual de fritura e sebo bovino como matérias-primas. A soja é a matéria-prima predominante e, em seguida, o sebo bovino, como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 - Evolução do uso de matérias-primas para produção de biodiesel de 2008 a 2018.

* Inclui gordura bovina, de frango e de porco. ** Inclui óleo de palma, óleo de amendoim, óleo de nabo-forrageiro, óleo de girassol, óleo de mamona, óleo de sésamo (gergelim), óleo de canola, óleo de fritura usado e materiais graxos. Fonte: elaboração própria com base em ANP (2018, 2019a).

Nos últimos anos, o uso de materiais graxos: mistura de matérias-primas tradicionais em tanque de reprocessamento de subprodutos do biodiesel cresceu, representando a maior parte da categoria “outros” no mix de matérias-primas para o biodiesel. Um dos principais fatores que influenciam na viabilidade de um óleo para ser matéria-prima da produção de biodiesel é o preço e o custo de oportunidade do uso desse

produto para outros fins, como o mercado farmacêutico e a indústria química e alimentícia. Esses mercados são geralmente mais vantajosos que o mercado energético (PARENTE, 2003). A produção em grande escala, mecanizada, com tecnologia e infraestrutura consolidadas, fazem do óleo da soja uma matéria-prima com disponibilidade e preços atraentes para o mercado de biodiesel, mesmo que esse óleo também tenha aplicação na indústria de alimentos e que apresente um menor teor de óleo comparado a outras oleaginosas (GARCILASSO, 2014).

Com relação ao uso de resíduos como óleo de fritura e o sebo bovino, a tendência é que esses materiais tenham um preço menor, porém é preciso avaliar os gastos com etapas de pré-tratamento para garantir o rendimento e a ocorrência da reação de transesterificação. Geralmente óleos e gorduras residuais apresentam teor de acidez maior pela presença de Ácidos Graxos Livres (AGL). Em meios alcalinos, que é o caso da maioria das reações para produção de biodiesel pelo uso de catalisadores básicos, os AGL favorecem a saponificação em detrimento da reação de transesterificação (KNOTHE et al, 2006).

Além disso, é preciso considerar a disponibilidade do resíduo no território para viabilizar seu uso como matéria-prima para o biodiesel. Dados do último Anuário Estatístico de Agroenergia relataram que, em 2014, das 40 milhões de cabeças de gado abatidas por ano no Brasil, são gerados 800 milhões de quilos de sebo, sendo a metade destinada à produção de biodiesel (MAPA, 2015). Além da boa disponibilidade desse resíduo, os abatedouros podem ser unidades produtoras de energias, gerando biodiesel do sebo e biogás dos demais resíduos orgânicos, inclusive biodigerindo o glicerol (PAZUCH et al, 2017; PERES, 2008).

O óleo residual de fritura, por sua vez, tem disponibilidade limitada à implementação de coleta eficiente (BOTELHO, 2012). No entanto, é uma fonte que pode ser melhor explorada em tempos de promoção de tecnologias e sistemas com base nos princípios da Economia Circular. Com o devido pré-tratamento, o óleo residual de fritura é viável e promissor para produção de biodiesel (YAACOB et al, 2013). A Tabela 3 resume as principais vantagens e desvantagens das matérias-primas mais utilizadas na produção de biodiesel brasileira.

Tabela 3 - Vantagens e desvantagens das principais matérias-primas brasileiras da produção de biodiesel.

Matéria-prima	Vantagens	Desvantagens
Soja	<ul style="list-style-type: none"> • Cultivo consolidado • Preço competitivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Teor de óleo (18%) • Expansão ilegal sobre o Cerrado e Amazônia
Algodão	<ul style="list-style-type: none"> • Oferta na entressafra da soja • Preço competitivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Teor de óleo (15%) • Uso na indústria de alimentos • Necessidade de pré-tratamento
Dendê	<ul style="list-style-type: none"> • Teor de óleo (22%) • Cultivo em áreas degradadas recupera o solo • Matéria-prima da agricultura familiar do semiárido 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso na indústria de alimentos, cosméticos e lubrificantes • Associado à disputa e grilagem de terra no Pará. • Expansão ilegal sobre a Amazônia.
Óleo residual	<ul style="list-style-type: none"> • Aproveitamento energético de resíduo • Economia circular 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidade limitada • Necessidade de pré-tratamento
Sebo bovino	<ul style="list-style-type: none"> • Aproveitamento energético de resíduo • Economia circular 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de pré-tratamento • Limitação quanto à temperatura de armazenamento

Fonte: Elaboração própria com base em Garcilasso (2014); Mur Castro (2019); Padula et al. (2012); Souza, Seabra e Nogueira (2018).

2.4.1. A soja e o uso da terra no Brasil

A produção mundial de soja até a década de 1950 era concentrada no Oriente, sendo China, Japão e Coréia os principais produtores. Entretanto, essa cultura começou a crescer no Ocidente nos anos 1940, principalmente nos Estados Unidos. Em 1942, os EUA foram os maiores produtores mundiais de soja, contabilizando 36,5% do total produzido no mundo nesse ano (BONATO e BONATO, 1987). Atualmente, os maiores produtores de soja são EUA, Brasil e Argentina (EMBRAPA, 2018).

A cultura de soja no Brasil teve um maior ritmo de expansão na década de 1970 devido ao estímulo dado aos agricultores para substituir suas culturas e aumentar a área plantada diante da alta do preço no mercado internacional (BONATO e BONATO, 1987). A soja brasileira apresenta vantagens pois está disponível na entressafra americana e o custo de produção da soja nacional é menor comparado aos produtores mundiais, visto que os custos com mão-de-obra e terra são mais baixos no Brasil. Além disso, a soja é uma cultura temporária que aproveita a infraestrutura da cadeia de produção e comércio, maquinários e insumos na sazonalidade do trigo (CORADINI, 2009).

A soja proveniente do Sul dos Estados Unidos foi facilmente adaptada às condições climáticas e produtivas do Brasil, gerando variedades de espécies e tecnologias de produção compatíveis com as variantes regionais do país. Isso acarretou a expansão dessa cultura em todas as regiões brasileiras e o aumento da produtividade, incluindo a possibilidade de uma cultura totalmente mecanizada (BONATO e BONATO, 1987).

A soja começou a ser cultivada no Rio Grande do Sul como cultura de rotação junto ao trigo e, posteriormente, chegou a Santa Catarina, Paraná e São Paulo. Já a partir da década de 80, a soja se expandiu para o Cerrado. Em 1985, o Mato Grosso do Sul era o terceiro estado com maior produção e o Mato Grosso teve a maior taxa anual de crescimento dessa cultura (BONATO e BONATO, 1987). Já em relação ao Sudeste, as áreas de soja foram sendo substituídas pela cana-de-açúcar para atendimento da demanda do mercado sucroalcooleiro (DOMINGUES, 2016).

As razões que favoreceram a expansão e consolidação da região Centro-Oeste como grande produtora de soja podem estar relacionadas ao interesse em ocupar e produzir no centro do país; a construção de Brasília ajudou nesse processo de levar infraestrutura de logística, estradas e ferrovias para a região. O clima, topografia e regime de chuvas eram propícios para o cultivo da soja e de uma cultura mecanizada. As novas terras eram ainda mais baratas que na região Sul, encorajando agricultores sulistas que já dominavam a tecnologia de produção e tinham capital a migrarem para o centro do Brasil e investirem na nova fronteira agrícola (DOMINGUES, 2016).

A produção de soja em termos de quantidade, produtividade e área plantada dos EUA, do Brasil e dos três estados brasileiros com maior produção de soja com base nos dados da safra 2017/2018 constam na Tabela 4. (EMBRAPA, 2018).

Tabela 4 - Produção de soja nos EUA, Brasil e nos estados Mato Grosso (MT), Paraná (PR) e Rio Grande do Sul (RS) na safra de 2017/2018.

	EUA	Brasil	MT	PR	RS
Produção (milhões de t)	119.518	116.996	31.887	19.070	16.968
Área plantada (milhões ha)	36.228	35.100	9.519	5.444	5.692
Produtividade (Kg/ha)	3,29	3,33	3,35	3,50	2,98

Fonte: elaboração própria com base em Embrapa (2018).

A expansão da soja é um fenômeno em busca de terras propícias, substituindo lavouras de demais culturas e de vegetação natural, inclusive ocupando terras de pastagens onde o solo já foi esgotado. Essa é uma questão do Brasil atual, onde a soja está sendo levada além da fronteira agrícola: áreas da Floresta Amazônica (DOMINGUES e BERMANN, 2012) e da região conhecida como *Matopiba* (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) sendo cultivada, principalmente em pastagens desmatadas pela pecuária. Essas áreas têm um alto potencial produtivo, topografia e clima favoráveis para a atividade agropecuária (GARCILASSO, 2014).

O desmatamento de vegetação natural e o plantio de monoculturas acarretam uma série de impactos ambientais relacionados à degradação de biomas importantes para a manutenção do clima, sobrevivência de espécies e de populações que habitam originalmente essas regiões. A mudança do uso da terra, na maneira que vem sendo feita no Brasil, gera perdas irreparáveis de biodiversidade, contaminação do solo e recursos hídricos pelo uso de agrotóxicos nas lavouras (DOMINGUES, 2016). Em termos de mudanças climáticas, o desmatamento e a retirada da vegetação natural contribuem com o aumento das emissões.

A Figura 6 apresenta a evolução da área plantada correspondente à cultura de soja no país por região da safra de 2006/07 a 2018/19. É possível perceber o crescimento da área de soja plantada no Brasil e em todas as regiões. A região Centro-Oeste tem a maior área plantada, seguida da região Sul. Porém, a participação das regiões Norte e Nordeste no cenário mais recente indica o avanço dessa cultura sobre a fronteira agrícola da floresta e do cerrado brasileiro.

Figura 6 - Evolução da área plantada de soja no Brasil por região.

Fonte: elaboração própria com base em Conab (2018).

O último Censo Agrário feito pelo IBGE data de 2017 e revelou que existiam no Brasil cerca de 5 milhões de estabelecimentos agropecuários. Nesse contexto, as lavouras temporárias, onde a soja se enquadra, ocupavam uma área de 16% do total da área dos estabelecimentos agropecuários em 2017. Em 2006 essa porcentagem era de 15%, conforme dados da Tabela 5.

Tabela 5 – Utilização das terras pelos estabelecimentos agropecuários em 2006 e 2017.

Utilização das terras (ha)	2006	2017	Diferença relativa (%)
Lavouras permanentes	11.679.152	7.755.817	-34%
Lavouras temporárias	48.913.424	55.761.988	14%
Pastagens naturais	57.633.189	47.323.399	-18%
Pastagens plantadas	102.408.872	112.174.148	10%
Matas naturais	95.306.715	106.574.867	12%
Matas plantadas	4.734.219	8.658.850	83%

Fonte: adaptado de IBGE (2019)

É possível inferir que houve uma expansão da área total dos estabelecimentos agropecuários de 2006 para 2017, sendo que as lavouras temporárias e as pastagens plantadas aumentaram em 14% e 10%, respectivamente, enquanto que as lavouras permanentes diminuíram em 34% e as pastagens naturais em 18% nesse período de tempo. Com relação às matas presentes nesses estabelecimentos, houve um aumento de 12% das matas naturais e de 83% das matas plantadas. Segundo o IBGE, a categoria mata ou floresta plantada é atribuída às plantações de espécies como eucalipto. Assim, o censo de 2017 mostrou o aumento das áreas de lavouras temporárias, matas e pastagens plantadas (IBGE, 2019).

A área ocupada pela soja em 2006 foi 17% do total das lavouras temporárias e esse percentual aumentou para 55% em 2017, considerando todas as regiões brasileiras. Porém, 26% dessa área está na região Centro-Oeste e 18% na região Sul, como pode ser visto na Tabela 6. Essa realidade confirma o fato dessas regiões serem as maiores produtoras de soja no Brasil (IBGE, 2019).

Tabela 6 - Área plantada de soja por região e área plantada total das lavouras temporárias.

Região	Área (ha)	%
Norte	1.354.671	2%
Nordeste	2.881.164	5%
Sudeste	2.143.686	4%
Sul	9.994.185	18%
Centro-Oeste	14.348.461	26%
Total	30.722.167	55%
Lavouras temporárias	55.761.988	100%

Fonte: elaboração própria com base em IBGE (2019).

Entretanto, o histórico de ocupação da terra no Brasil determinou diferenças quanto ao tipo e tamanho dos estabelecimentos rurais instalados nessas duas regiões. Nesse contexto, a formação da estrutura agrária na região Sul tem relação com a necessidade de ocupação do solo e defesa das fronteiras brasileiras, em um processo dado pela vinda de imigrantes que recebiam lotes de terra para a subsistência de suas famílias. Desse modo, era uma agricultura sem muita acumulação de capital que não requeria uma divisão do trabalho além da produção familiar (CORADINI, 2009).

Essa estrutura se expandiu pela região Sul sendo gradativamente incorporada ao modo produtivo do capitalismo industrial e financeiro. Esse histórico fundiário contribuiu para uma região de agricultores familiares em lotes de terra menores, diferente da ocupação do Centro-Oeste, que foi fundamentada na produção em latifúndios e de monoculturas (CORADINI, 2009).

Nesse contexto, também vale lembrar a emergência dos movimentos sociais rurais nos últimos anos da década de 1970 que aconteceram primeiramente no Sul do país, no estado do Rio Grande do Sul em particular (SANTOS e RODRÍGUEZ, 2002). O Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MTST), que tem uma identidade social e uma capacidade de mobilização expressiva, surgiu nesse período como iniciativa de trabalhadores da região Sul (NAVARRO, 2002). Em momento anterior também houve a formação das Ligas Camponesas, associações de trabalhadores rurais que emergiram primeiramente no Estado de Pernambuco e atuaram entre 1955 e 1964. As ligas foram duramente reprimidas, mas suas reivindicações básicas foram incorporadas posteriormente pelos sindicatos rurais (CAMARGO, 2020).

Com a modernização das técnicas de produção e o interesse do mercado em valorizar determinados produtos agrícolas, a agricultura familiar do Sul passou a cultivar

em maior volume esses produtos de interesse, primeiramente arroz e trigo, e depois a soja, que corresponde ao maior volume de produção da agricultura familiar no Sul do país (CORADINI, 2009). Assim, o crescimento do cultivo de soja no Sul foi verificado entre os grandes proprietários de terra e também no universo da agricultura familiar.

Em termos de tamanho das propriedades de terras e concentração, o gráfico da Figura 7 permite observar que a região Centro-Oeste é a que mais concentra propriedades maiores que 10.000 hectares, enquanto que na região nordeste predominam propriedades de até 5 hectares. As regiões Sul, Sudeste e Norte apresentam a maior parte das suas propriedades entre 5 e 1.000 hectares. Isso também confirma que a região Centro-Oeste foi ocupada a partir de uma concentração de terra maior que as outras regiões brasileiras (IBGE, 2017).

Figura 7 - Porcentagem de estabelecimentos em cada faixa de área em hectares por região.

Fonte: elaboração própria com base em IBGE (2019).

O INCRA, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, classifica as propriedades em minifúndio, pequena, média e grande propriedade dependendo do tamanho. Porém, para se medir o tamanho é utilizada uma unidade denominada Módulo Fiscal que é expressa em hectares. Assim, o minifúndio é um imóvel rural com menos de um Módulo Fiscal; a pequena propriedade tem de 1 a 4 módulos; a média propriedade tem mais que 4 e menos que 15; e a grande propriedade contém mais que 15 Módulos

Fiscais. O tamanho de um Módulo Fiscal é definido pelo INCRA e varia para cada município (INCRA, 2019).

Essa unidade de medida também é utilizada para definir agricultor familiar e empreendedor familiar rural, estabelecendo que dentre outros requisitos, este não detenha área maior do que 4 Módulos Fiscais (EMBRAPA, 2019). A partir dessa informação e da Figura 7 é possível inferir que a região Nordeste apresenta o maior número de agricultores familiares, justificando a preocupação do PNPB em promover o desenvolvimento regional a partir da agricultura familiar e da obtenção de matérias-primas de agricultores familiares especialmente do Nordeste.

Inicialmente essa diferenciação vinha da promoção do biodiesel da mamona do semiárido nordestino e, posteriormente, oferecendo maior coeficiente de redução dos impostos sobre produto para produtores de biodiesel que comprem matéria-prima de agricultores familiares do Nordeste, Norte e semiárido (PEDROTI, 2013).

Porém, os resultados do desempenho do Selo Combustível Social em 2017 divulgados originalmente pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), revelam que o maior volume de matéria-prima oriunda da agricultura familiar é de soja dos agricultores familiares da região Sul (MAPA, 2017). As explicações para essa maior participação de agricultores familiares da região Sul encontram o fato dessa região ter o maior número de famílias organizadas em cooperativas de agricultores (MAPA, 2017; CORADINI, 2009).

A situação já apresentada sobre a formação agrária da região Sul também levou a um cenário de aproximação, organização e fortalecimento de agricultores familiares por meio da associação às cooperativas (CORADINI, 2009). Os agricultores associados conseguem reduzir seus custos de produção, compartilhar experiência, insumos e maquinários, além de oferecer maior garantia de suprimento e menor preço (PEDROTI, 2013).

Cabe ainda, entender as razões e as dificuldades de expandir esse cenário favorável de cooperativismos entre os agricultores familiares para as outras regiões, principalmente no Nordeste, onde são em maior número, porém apresentam baixa produtividade, menor renda e a logística de escoamento é deficitária (PEDROTI, 2013). Isso faz com que a produção da agricultura familiar do Nordeste tenha pouca participação dentro do PNPB, mesmo com o diferencial regulatório de maior redução de impostos para produtores de biodiesel que adquirem matéria-prima dessa região.

3. O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel

3.1. Histórico e antecedentes

O pico da atenção aos biocombustíveis no Brasil veio na sequência do aumento dos preços do petróleo depois da crise de 1973. A Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), fundada em 1960, assumiu o controle do preço e da oferta de petróleo dos países exportadores, frente ao domínio das sete irmãs, o cartel das grandes empresas petroleiras que geriam o comércio internacional desse produto até então (YERGIN, 2014).

O resultado foi um rápido e repentino aumento dos preços do petróleo e, por consequência, dos seus derivados. Desse modo, o mundo precisou refletir sobre a necessidade de reduzir a dependência por petróleo e aumentar a segurança energética das nações. Assim, o Brasil, em pleno governo militar, lançou dois programas que visavam diversificar a matriz de combustíveis do país utilizando a vantagem territorial, climática e o conhecimento agrícola para produzir energia e combustível. A ideia era que os veículos continuassem rodando nas estradas em expansão do país em benefício da indústria automobilística e, ao mesmo tempo, criar uma oportunidade de mercado para os produtores de açúcar, produto que estava em crise no mercado internacional nesse mesmo período (BIODIESELBR, 2012).

Com isso, foram lançados em 1975, o Proálcool, programa que criou e desenvolveu a cadeia de produção de etanol a partir da fermentação do açúcar da cana para substituir a gasolina, e o Pró-óleo que visava o uso de óleos vegetais nos motores a diesel. O uso direto de óleo vegetais em motores é possível e existem registros de experiências com esse método. Entretanto, são necessárias adaptações e a utilização de um sistema com tanque adicional de armazenamento do óleo e de aquecimento para garantia do bom funcionamento do motor (FARIA et al, 2010).

Além disso, o Brasil também desenvolveu tecnologias nos institutos de pesquisa do país para o uso do biodiesel a partir da transesterificação de óleo vegetais. A patente brasileira do biodiesel e do querosene vegetal de aviação foi registrada em 1980 e contou com contribuições de instituições do Ceará, Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial e Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará (PARENTE, 2003).

Com base nessas descobertas e nos preços do petróleo que continuavam em alta, o Governo Brasileiro lançou, em 1983, o Programa Nacional de Energia de Óleos

Vegetais, Projeto OVEG, que testou a utilização de óleos vegetais, biodiesel e mistura de combustíveis em diferentes tipos de veículos. Os testes foram realizados em parceria com a indústria automobilística, institutos de pesquisa e fabricantes de peças, combustíveis, lubrificantes e biodiesel. O projeto constatou a viabilidade técnica do uso de biodiesel em motores, porém ainda sem produção em escala comercial (DOMINGUES, 2016).

O Proálcool foi uma experiência bem-sucedida no Brasil, expandiu o cultivo de cana, principalmente no Sudeste, consolidou os motores *flex fuel* que utilizam gasolina e etanol e, hoje em dia, está em alta a pesquisa com etanol de segunda geração que promete otimizar a produção desse combustível (MORAIS et al., 2017). As pesquisas com biodiesel levaram a construção de outros programas de complementação ou substituição do diesel de petróleo.

Em outubro de 2002, durante o governo de Fernando Henrique Cardoso, foi instituído o Programa Brasileiro de Biocombustíveis (Probiodiesel) na esfera do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) que criou a Rede Brasileira de Biodiesel. Essa iniciativa reuniu especialistas e entidades responsáveis pelo desenvolvimento e pela industrialização do biodiesel e homologação das especificações de qualidade do combustível (PEDROTI, 2013).

As atividades resultaram na formulação e lançamento em 2003, durante o Governo Lula, do Grupo de Trabalho Interministerial (GTI), coordenado pela Casa Civil, para elaboração das bases de uma política pública relacionada à implementação de uma nova cadeia produtiva no país. Essa cadeia teria que inserir o biodiesel na matriz energética brasileira com as aspirações já comentadas de inclusão da agricultura familiar, promoção do desenvolvimento regional e geração de emprego e renda no campo, além da garantia de suprimento, qualidade, preços e investimento privado (PEDROTI, 2013).

Dessa forma, foi lançado em 2004 o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, a primeira política agroenergética com viés social, tendo para isso duas diretrizes centrais: a estruturação da cadeia produtiva e a inclusão social (PEDROTI, 2013). O Decreto Nº 5.297, de 6 de dezembro de 2004, instituiu o Selo Combustível Social a ser concedido a produtores de biodiesel que promovam a inclusão social da agricultura familiar. A Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira regulamentando o uso voluntário da mistura de 2% de biodiesel no diesel.

3.2. Objetivos do PNPB

Em linhas gerais, o site do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento define o PNPB e expõe seus objetivos da seguinte forma:

“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. (MAPA, 2020) ”.

As diretrizes do Programa são: (i) garantia de preços mínimos, qualidade e suprimento do produto, (ii) promoção da inclusão produtiva da agricultura familiar e (iii) produção de biodiesel de diferentes matérias-primas, fortalecendo as potencialidades regionais (MAPA, 2020).

Com relação a escrita dos objetivos e das diretrizes do Programa, cabem algumas considerações que foram tomadas para interpretação desse conteúdo. A implementação sustentável citada tem como foco a viabilidade técnica e econômica da cadeia produtiva do biodiesel. A intenção de reduzir as emissões de gases do efeito estufa com o uso do biodiesel e a dependência por diesel na matriz energética de transportes não foram explicitados; esse viés, porém, apareceu no decorrer do programa e foi abordado nesse trabalho na dimensão ambiental e econômica do PNPB. Por outro lado, há a preocupação com a garantia do suprimento, qualidade e competitividade do biodiesel no mercado de combustíveis, tratadas nas dimensões econômica e tecnológica.

Outra questão posta é a inclusão da agricultura familiar nessa cadeia e a diversificação das matérias-primas para produção de biodiesel. Foi considerado que a geração de renda aos agricultores familiares é a estratégia principal adotada pelo PNPB para promover o desenvolvimento rural sustentável. O SCS também prevê assistência técnica aos agricultores, com isso, o Programa também atua na garantia da produtividade dos agricultores familiares.

O foco do desenvolvimento regional do Norte, Nordeste e semiárido brasileiro, regiões mais carentes e com maior concentração de agricultores familiares, apareceu desde as primeiras Instruções Normativas (IN) do MDA com relação às regras de obtenção do Selo Combustível Social pelos produtores de biodiesel. Essas INs definiram requisitos mínimos de compra de matéria-prima da agricultura familiar por região e coeficientes de redução de impostos maiores, no caso da aquisição de produtos da

agricultura familiar típica do Norte, Nordeste e semiárido, como a mamona e o dendê. Essas questões referentes à inclusão da agricultura familiar são discutidas na dimensão social.

Não existe um consenso na literatura sobre a definição para desenvolvimento local e regional, podendo ser visto como desenvolvimento endógeno, territorial ou ainda como desenvolvimento “de baixo para cima” (BELLINGIERI, 2017). Abramovay (1998) relacionou desenvolvimento rural, territorial e agricultura familiar no Brasil. Essa visão pressupõe a existência de um potencial de geração de renda no meio rural que a sociedade não tem sido capaz de valorizar, sendo a vertente na qual se consolidou o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - PRONAF (ABRAMOVAY, 1998). Como os agricultores familiares incluídos no PNPB possuem a Declaração de Aptidão ao PRONAF (DAP), é possível adotar que o Programa também considera esse potencial de geração de renda a partir da criação de um mercado para os produtos da agricultura familiar.

3.3. Arranjo político-institucional

A produção, comercialização e distribuição do biodiesel no Brasil são reguladas pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, ANP, que é um órgão federal vinculado ao Ministério de Minas e Energia. A Petrobrás é operadora dos leilões do biodiesel que são promovidos pela ANP. No aspecto social, o Selo Combustível Social é concedido e gerido pelo MDA³.

No caso da legislação brasileira que prevê o uso obrigatório de biodiesel misturado ao diesel, a comercialização do biodiesel é dada por meio de leilões públicos em que a demanda por biodiesel é estimada com base na demanda por diesel. O formato de leilão assegura suprimento da demanda por biodiesel, absorvendo o aumento gradual da porcentagem de mistura e garantindo a venda do produto e das matérias-primas (AMARAL e ABREU, 2016; PEDROTI, 2013).

O Decreto Presidencial nº.5.297, de dezembro de 2004, instituiu o Selo Combustível Social como uma certificação concedida pelo MDA aos produtores de biodiesel que realizam a inclusão de produtos de agricultores familiares enquadrados no

³ O MAPA, por meio da Secretaria da Agricultura Familiar e Cooperativismo (SAF) tem a atual responsabilidade de operacionalizar a estratégia social do PNPB que antes era competência do MDA (MAPA, 2020).

Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF na sua cadeia produtiva (PEDROTI, 2013). Para obtenção do selo existem regras específicas que variam por região e determinam o percentual mínimo do custo com a aquisição da matéria-prima da agricultura familiar.

De modo geral, a tributação federal que incide sobre o biodiesel (PIS/PASEP e Cofins) não excede a tributação sobre o diesel derivado do petróleo. Nesse sentido, aplica-se um coeficiente de redução. Esse desconto é maior no caso da aquisição de produtos da agricultura familiar, podendo inclusive chegar a isenção de 100% quando a matéria-prima é adquirida dos agricultores familiares do Norte, do Nordeste e semiárido. Tanto os percentuais mínimos para obtenção do selo quanto os coeficientes de redução da tributação sobre o biodiesel sofreram alterações ao longo dos anos do Programa.

A Figura 8 apresenta a cadeia do biodiesel e seus principais integrantes bem como o funcionamento do SCS e a integração da agricultura familiar ao PNPB.

Figura 8 - Esquema dos integrantes da cadeia do biodiesel e as relações entre eles.

* Refinarias e importadoras de diesel. Fonte: elaboração própria com base em Pedroti (2013) e Oliveira et al (2019).

O esquema mostra as principais relações entre os participantes da cadeia do biodiesel e as instituições responsáveis por certificar e administrar etapas do processo. O SCS, emitido pelo MDA e atualmente administrado pelo MAPA, conecta o produtor certificado, que tem prioridade no leilão promovido pela ANP, com o agricultor familiar

e cooperativas; uma relação contratual em que há garantia de escoamento de parte da produção desses agricultores e assistência técnica prevista nas regras de obtenção do selo.

3.4.Principais alterações regulatórias no PNPB

Algumas regras dos leilões e a forma como a demanda e o preço são estimados sofreram alterações nesses anos de mistura obrigatória. Regras para obtenção do SCS, carga tributária sobre o biodiesel produzido e os critérios de qualidade desse combustível também foram revistos. Alguns impactos dessas alterações são discutidos posteriormente na análise dos resultados do Programa (seção 6). As principais alterações nas regras dos leilões de biodiesel foram determinadas em 2012 e estão resumidas na Tabela 7.

Tabela 7 - Principais mudanças no sistema de leilões de biodiesel.

Portaria MME n.276, de 10 de maio de 2012.	Portaria MME n.476, de 15 de agosto de 2012.
Leilões realizados em quatro etapas	Leilões realizados em seis etapas
Leilões promovidos diretamente pela ANP	Leilões promovidos direta ou indiretamente pela ANP
Leilões com periodicidade indefinida	Leilões com periodicidade definida
Leilões com adquirentes passivos	Leilões com adquirentes ativos
Leilões com lances presenciais	Leilões com lances online
Leilões com volume adquirido definido pelo MME	Leilões com volume adquirido definido pela distribuidora
Leilões com lotes indivisíveis	Leilões com lotes divisíveis
Leilões com único ganhador por lote	Leilões com múltiplos ganhadores por lote
Leilões com capacidade ofertada igual à capacidade instalada	Leilões com capacidade ofertada maior que a capacidade instalada
Leilões com FAL integrando o preço do biodiesel	Leilões com FAL subtraído do preço do biodiesel
Leilões com PMR único	Leilões com PMR dado por região

Fonte: adaptado de Amaral e Abreu (2016).

Um conceito importante com relação ao funcionamento dos leilões de biodiesel no Brasil é o Preço Máximo de Referência (PMR), esse preço é calculado pela ANP e orienta os concorrentes no leilão a fazerem seus lances, propondo o menor preço que aceitam vender seu produto. Os lances devem ser menores que o PMR. Desse modo, o leilão é tido como leilão reverso; os produtores que conseguem vender a preços mais baixos ganham o lote negociado. (AMARAL e ABREU, 2016).

Outra definição para entender os custos do biodiesel é o valor do frete para transporte de uma região para outra do Brasil. O Fator de Ajuste Logístico (FAL) foi introduzido em 2011 e corresponde a um valor definido a partir da média das distâncias rodoviárias entre a capital do Estado de origem do biodiesel e a capital do Estado para qual o biodiesel é encaminhado, ou seja, região para onde ele foi leiloado. O FAL foi implementado para equilibrar o custo que as distribuidoras têm para retirar o biodiesel na porta da usina (FREITAS e MARTINS, 2012a).

Atualmente o FAL é subtraído do preço do combustível, assim, usinas que vendem para regiões distantes recebem menos pelo biodiesel vendido. Isso, teoricamente, deveria estimular a melhor distribuição das usinas entre as cinco regiões, entretanto, o que se vê é uma concentração das usinas nas regiões Centro-Oeste e Sul. Essas regiões produzem uma quantidade de biodiesel maior do que consomem e as demais regiões não produzem o suficiente para seu consumo, especialmente o Sudeste (FREITAS e MARTINS, 2012a). Dados do fluxo de biodiesel entre as regiões brasileira são apresentados na seção 6.1.

No que tange o funcionamento do SCS, para que o produtor de biodiesel tenha o selo, parte do seu gasto com matéria-prima precisa ser destinado à compra de produtos de agricultores familiares ou cooperativas de agricultores habilitadas. Para isso, a legislação referente ao selo determina percentuais mínimos desse custo que varia conforme a região.

A Instrução Normativa MDA Nº 01 de fevereiro de 2009 aumentou o percentual mínimo dos custos com aquisição de matéria-prima de agricultores familiares das regiões Norte e Centro-Oeste de 10% para 15%; reduziu de 50% para 30% essa exigência no semiárido e no Nordeste, e manteve os 30% nas regiões Sul e Sudeste (PEDROTI, 2013). Essa IN também permitiu incluir custos com insumos e assistência técnica aos agricultores na contabilização dos custos totais com aquisição de matéria-prima da agricultura familiar para obtenção da certificação. Além disso, estabeleceu que seria aplicado um fator de multiplicação igual a 1,5 ao valor de aquisição de matéria-prima, exceto para a soja, na tentativa de diversificar os produtos adquiridos nesse contexto.

Novamente o percentual aplicado na região Sul foi alterado para 40%, valendo a partir da safra de 2013/2014, pela Portaria Nº 60, de 06 de setembro de 2012. As portarias Nº 512, de 5 de setembro de 2017 e Nº 515, de 21 de agosto de 2018, mantiveram os percentuais mínimos para o SCS: Norte e Centro-Oeste, 15%, Nordeste e semiárido e Sudeste, 30% e Sul, 40%.

Com relação à qualidade do biodiesel, a primeira norma que determinava critérios de qualidade para comercialização do biodiesel no Brasil foi estabelecida pela Resolução

ANP N° 42 de 2004. Esta foi substituída pela Resolução ANP N° 07 de 2008 e posteriormente pelas Resolução ANP N° 14 de 2012 e Resolução ANP n° 45 de 2014. Essas alterações aumentaram as exigências com a qualidade do combustível (LÔBO, FERREIRA e CRUZ, 2009).

As principais mudanças nos critérios de qualidade do biodiesel estão apresentadas na Tabela 8. Os teores máximos permitidos de enxofre, água, acidez, glicerina total, metanol, etanol e ponto máximo de entupimento a frio foram reduzidos. A estabilidade mínima à oxidação foi alterada, e a partir de 2014, passou de 6 para 8 horas. De modo geral, aumentou-se o rigor com a qualidade dos critérios existentes e novos parâmetros foram incorporados.

Tabela 8 - Alterações nos parâmetros de qualidade do biodiesel e respectivas resoluções da ANP

Resolução ANP	Parâmetros alterados/incorporados	Alteração
N°07/2008	Teor de metanol e etanol	De 0,5 para 0,2 % em massa
	Índice de acidez	De 0,8 para 0,5 mgKOH/g
	Glicerina total máxima	De 0,38 para 0,25 % em massa
	Viscosidade cinemática	Entre 3,0 e 6,0 mm²/s
	Massa específica	Entre 850 e 900 kg/m³
	Teor de água máximo	500 mg/kg
	Teor de éster mínimo	96,5 % em massa
	Teor de sódio+potássio máximo	De 10 para 5 mg/kg
	Teor de enxofre máximo	50mg/kg
	Teor de cálcio+magnésio máximo	5 mg/kg
	Teor de fósforo máximo	10mg/kg
	Ponto máximo de entupimento a frio	Varia por região
N°14/2012	Teor de água máximo	De 500 para 200 mg/kg
	Teor de enxofre máximo	De 50 para 10 mg/kg
	Ponto máximo de entupimento a frio	Varia por estado e por mês
N°45/2014	Estabilidade à oxidação a 110°C, mín	De 6 para 8 h

Fonte: elaboração própria com base nas Resoluções ANP, (2004, 2008, 2012 e 2014).

O critério teor máximo de água permitido foi reduzido de 500 mg/kg para 200 mg/kg. Os teores de enxofre, metanol, etanol, glicerina, água e acidez estão relacionados a contaminantes que podem prejudicar o desempenho energético do combustível, o funcionamento do motor ou ainda à emissão de poluentes.

A estabilidade oxidativa tem relação com o armazenamento do combustível e pode ser medida com relação ao tempo de indução à oxidação. O biodiesel tende a uma auto-oxidação devido à presença de duplas ligações na sua cadeia molecular e isso pode ser intensificado na presença de ar, luz, metais e temperaturas elevadas (KNOTHE et al, 2006). A avaliação do ponto de entupimento a frio se justifica visto que o biodiesel pode solidificar em temperaturas mais baixas, gerando a obstrução dos filtros em estações do ano mais frias, por isso, o valor máximo estabelecido varia por estado e por mês (RESOLUÇÃO ANP, 2014). Esse critério foi também alterado mais recentemente por meio da Resolução ANP N° 798 de 1º de agosto de 2019.

O biodiesel possui naturalmente baixas concentrações de enxofre, diferentemente do diesel que precisa passar por processos de dessulfurização por conter altas concentrações desse elemento. Esse procedimento acaba retirando a lubricidade do diesel e, o biodiesel entra como um importante aditivo para aumento da lubricidade da mistura diesel e biodiesel. A lubrificação é essencial para evitar desgaste do motor. Ademais, o biodiesel apresenta alto ponto de fulgor, o que facilita o manuseio e armazenamento de forma segura (KNOTHE et al, 2006; LÔBO, FERREIRA e CRUZ, 2009).

4. Revisão da literatura

A inserção do biodiesel na matriz energética brasileira foi estabelecida por meio de uma decisão política que implementou o PNPB. Com isso, a tecnologia foi consolidada a partir da experiência que já vinha sendo construída no país, com instituições e outras políticas públicas participantes do arranjo institucional e político da cadeia do biodiesel. Desse modo, essa revisão tem como objetivo levantar as preocupações e contribuições que a produção científica focou ao longo dos anos para a avaliação do PNPB no Brasil.

Uma revisão feita por Zhang et al (2018) buscou trabalhos publicados na base de dados Web of Science com a palavra-chave “biodiesel”, para apontar tendências globais da produção científica do tema entre 1991 e 2015. O estudo mostrou que a produção científica mundial sobre o biodiesel cresceu rapidamente a partir de 2006, sendo que os temas mais abordados consideravam o uso energético do biodiesel como combustível e o desenvolvimento de tecnologias nas áreas de engenharia, química e biotecnologia. O aspecto ambiental e relacionado à agricultura e uso da terra, embora menos presente nos trabalhos, também cresceu a partir de 2006. O Brasil foi cotado como o terceiro país que mais publicou artigos com o tema biodiesel, atrás da China e dos Estados Unidos no período analisado (ZHANG et al., 2018).

Com relação à publicação nacional de artigos, Vianna (2012) mostrou que houve um crescimento acentuado no número de publicações a partir de 2008, quando a mistura de biodiesel passa a ser obrigatória no país. Com relação aos temas abordados, a esfera tecnológica é a que mais recebeu atenção dos pesquisadores nacionais, mas também foram identificadas preocupações ambientais, históricas, políticas e econômicas relacionadas ao Programa. O enfoque social não foi discriminado pela autora, evidenciando que, mesmo presente nos objetivos do Programa, a questão social foi pouco explorada pela comunidade científica no período em que a avaliação foi realizada. O estudo considerou a palavra-chave “biodiesel” de artigos publicados com afiliação de pesquisadores brasileiros entre 2001 até junho de 2011, em periódicos A1 pertencentes à área interdisciplinar e referenciados na base Science Direct.

A autora separou os artigos em 8 grupos: (1) processo de produção de biodiesel, (2) aproveitamento de subprodutos, (3) desempenho em motores, (4) estabilidade, (5) enfoque ambiental, (6) enfoque econômico, político e histórico, (7) propriedades físicas e químicas e (8) biodiesel como matéria-prima para outros produtos. A autora não apresentou um grupo para trabalhos com enfoque social, pois eram poucos trabalhos com

essa abordagem os quais foram enquadrados no grupo (6). Para efeitos de comparação, essas áreas foram reorganizadas nas dimensões que conduzem a análise desse trabalho: (1, 2, 3, 4, 7 e 8) foram reunidos na dimensão tecnológica, (5) na dimensão ambiental e (6) na dimensão política e econômica. Dessa maneira, os dados disponíveis em Vianna (2012) foram reorganizados e constam na Figura 9.

Figura 9 - Número de trabalhos publicados sobre o tema biodiesel com afiliação brasileira entre 2001 e junho de 2011.

Fonte: elaboração própria com base em Vianna (2016).

Do mesmo modo, a dimensão tecnológica prevaleceu na abordagem dos artigos publicados, com uma pequena participação da dimensão política e econômica e, de 2007 para 2008 a produção científica cresceu 3,5 vezes. A dimensão ambiental também ficou mais presente nas pesquisas científica do tema a partir de 2008.

A nova busca realizada para a revisão desse trabalho considerou as palavras-chave “biodiesel” e “Brazil” aplicada ao período de 2004 a junho de 2019 na base de dados Scopus, que também contempla a base Science Direct. O objetivo foi comparar e verificar a evolução dos temas abordados pela comunidade científica no contexto do biodiesel no Brasil. Após a aplicação de alguns filtros citados na seção 1.2, a busca resultou em 399 artigos. Assim, a Figura 10 mostra o número de trabalhos por ano classificados com base na dimensão que é, predominantemente, abordada em cada publicação.

Figura 10 - Número de publicações por área entre 2004 e 2019.

Fonte: elaboração própria.

O ano de 2004 foi escolhido para iniciar o período da busca por ter sido o ano em que o PNPB foi institucionalizado. A produção científica tem maior peso a partir de 2007/2008 e trata principalmente da dimensão tecnológica, como também foi constatado nas revisões citadas. Contudo, uma diferença entre a análise anterior é que a dimensão social apareceu já em 2008, porém é em 2011 que essa dimensão apresentou maior quantidade de trabalhos publicados. A dimensão ambiental ganhou mais destaque a partir de 2012, permanecendo com relevância considerável nos anos seguintes. Em 2012 a cidade do Rio de Janeiro foi sede da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, conhecida como Rio+20, e pode ter estimulado as preocupações com as emissões e impactos ambientais.

4.1. Contribuições relevantes dos artigos selecionados

A partir da busca realizada na plataforma Scopus, segundo metodologia descrita anteriormente, algumas contribuições foram selecionadas e seguem relatadas nessa seção por conterem discussões pertinentes para a análise conduzida nesse trabalho. Os artigos selecionados abordam as quatro dimensões do Programa, porém os trabalhos enquadrados na dimensão econômica prevaleceram na seleção por discutirem o PNPB em termos mais abrangentes como política energética, corroborando com o objetivo da análise desse trabalho.

Na dimensão social, foram escolhidos artigos que abordavam as dificuldades do programa com relação aos seus objetivos iniciais de inclusão da agricultura familiar na cadeia de produção do biodiesel. A dimensão tecnológica está presente em alguns dos artigos selecionados, mesmo não sendo a dimensão predominante (CARDOSO; SHIKIDA; FINCO, 2017; MORENO-PÉREZ; MARCOSSI; ORTIZ-MIRANDA, 2017; NOGUEIRA et al., 2016; RATHMANN; SZKLO; SCHAEFFER, 2012; SAMPAIO; BONACELLI, 2018).

Na dimensão ambiental, a maioria dos artigos tratavam de ACV e outros impactos do biodiesel, como contaminação de solos e prejuízos para a saúde respiratória da população; no entanto, como o foco desse trabalho nessa dimensão é avaliar a contribuição do biodiesel em termos de redução das emissões de GEEs, foi escolhido o artigo mais recente que calculava a redução das emissões pelo uso do biodiesel no Brasil. A Tabela 9 sintetiza as principais informações dos artigos selecionados.

Tabela 9 - Referência, título e dimensão atribuída dos artigos selecionados

Referência	Título	Dimensão
Rathmann R; Szklo A; Schaeffer R., 2012.	<i>Targets and results of the Brazilian Biodiesel Incentive Program - Has it reached the Promised Land?</i>	Econômica
Padula A; Santos M; Ferreira L; Borenstein D. 2012	<i>The emergence of the biodiesel industry in Brazil: Current figures and future prospects</i>	Econômica
Stattman, S; Mol, A., 2014	<i>Social sustainability of Brazilian biodiesel: The role of agricultural cooperatives</i>	Social
Rico J; Sauer I, 2015	<i>A review of Brazilian biodiesel experiences</i>	Econômica
Nogueira, L; Capaz, R; Souza, S; Seabra, J., 2016	<i>Biodiesel program in Brazil: learning curve over ten years (2005–2015)</i>	Econômica
Moreno-Pérez, O; Marcossi, G; Ortiz-Miranda, D., 2017	<i>Taking stock of the evolution of the biodiesel industry in Brazil: Business concentration and structural traits</i>	Econômica
Oliveira, G; McKay B; Plank, C., 2017	<i>How biofuel policies backfire: Misguided goals, inefficient mechanisms, and political-ecological blind spots</i>	Econômica

Referência	Título	Dimensão
Cardoso, B; Shikida, P; Finco, A., 2017	<i>Development of Brazilian biodiesel sector from the perspective of stakeholders</i>	Econômica
Sampaio, R; Bonacelli, M., 2018	<i>Biodiesel in Brazil: Agricultural R&D at petrobras biocombustível</i>	Econômica
Murta, A; Freitas M, 2018	<i>CO₂ Emissions Avoided Through the use of Biodiesel in the Brazilian Road System</i>	Ambiental
Marcossi, G; Moreno-Pérez, O., 2018	<i>A closer look at the Brazilian Social Fuel Seal: uptake, operation and dysfunctions</i>	Social
Barros Ribeiro, E; Moreira, A; Ferreira, L; Silva César, A., 2018	<i>Biodiesel and social inclusion: An analysis of institutional pressures between biodiesel plants and family farmers in southern Brazil</i>	Social
Silva César, A; Conejero, M; Barros Ribeiro, E; Batalha, M., 2019	<i>Competitiveness analysis of “social soybeans” in biodiesel production in Brazil</i>	Social

Fonte: elaboração própria.

Rathmann; Szklo; Schaeffer (2012), apontaram que os mecanismos do PNPB eram insuficientes para promover a efetiva participação dos agricultores familiares. Entre 2005 e 2011, foi identificada uma tendência por empresas mais intensivas em capital no mercado de biodiesel e a provável dominância da soja como a principal matéria-prima da produção. Em termos de tecnologia, a produção de biodiesel brasileira teve êxito em obter um produto com propriedades compatíveis para substituir o diesel e, o biocombustível, por emitir menos poluentes, foi visto com vantagens ambientais. Na questão econômica, o artigo mostrou que não havia economia considerando a relação do aumento da importação de metanol para a produção de biodiesel e a redução nos gastos com importação de diesel.

Por outro lado, a revisão apresentada por Rico e Sauer (2015), mostrou que as importações de diesel no período entre 2005 e 2014 variaram de 7% a 19% do total de diesel consumido no país e, o biodiesel produzido e vendido em leilão correspondeu a uma substituição de 3% em relação a demanda total de diesel. Foram produzidos 15 bilhões de litros de biodiesel, o que evitou gastos de 11,3 bilhões de dólares com a importação de diesel pelo uso do biodiesel. A relação de ganhos e perdas em termos de importação e exportação podem levar em consideração, a importação do metanol como em Rathmann; Szklo; Schaeffer (2012) mas também a exportação do glicerol com dados fornecidos pela EPE. Esse balanço foi realizado na seção 6.2.

Rico e Sauer (2015) também destacaram o aumento do preço do diesel misturado com biodiesel ao longo do período estudado, pois os preços de óleos vegetais são regulados por um mercado próprio, geralmente mais vantajoso do que o mercado de combustíveis, encarecendo, com isso, o preço final da mistura.

A cadeia de suprimento do biodiesel é formada pelos processos básicos da transformação de uma matéria-prima em um produto para o usuário final, sendo composta por fornecedores, produtores e distribuidores. Entretanto existem particularidades pois o governo regula e controla os agentes de produção e a forma como eles interagem nesse mercado. O comportamento dinâmico da cadeia de suprimento do biodiesel é determinado por políticas regulatórias que definem a demanda total de biodiesel e o preço máximo nos leilões (PADULA et al., 2012).

Além disso, o arranjo político e institucional do PNPB interfere na origem e no tipo de matéria-prima, na participação de cooperativas de agricultores e da agricultura familiar e nos agentes da produção das cinco regiões brasileiras (PEDROTI, 2013). As políticas regulatórias relacionadas ao programa de biodiesel brasileiro foram reunidas em uma tabela que é apresentada neste trabalho na seção 5.3.

Padula et al (2012) apresentaram que a maioria das empresas produtoras de biodiesel já estavam estabelecidas no mercado de óleos vegetais e que essas aproveitaram sua infraestrutura para entrar no mercado de biodiesel. O artigo mostrou que 66,9% da produção de biodiesel em 2010 foi obtida por empresas do ramo de óleos vegetais, principalmente soja, sendo esse volume fornecido por apenas 8 das 47 usinas produtoras na época.

Essa realidade foi reafirmada em um cenário mais recente na análise de concentração do mercado de biodiesel de Moreno-Pérez; Marcossi e Ortiz-Miranda (2017). A análise considerou o nível de correlação entre variáveis como a capacidade produtiva das usinas (pequena, média e grande), o tipo de matéria-prima para produção do biodiesel (soja, óleos vegetais variados ou gordura animal) e produtos fornecidos pela empresa (apenas biodiesel, biodiesel e produtos alimentícios, incluindo alimentação animal, e biodiesel e produtos não alimentícios). Desse modo, o grupo com mais empresas era composto por usinas de grande capacidade, que produziam produtos alimentícios e biodiesel a partir da soja.

A análise também apontou duas fases no desenvolvimento da indústria de biodiesel, uma entre 2005 e 2011 com um aumento acentuado da quantidade de biodiesel produzida e descentralização gradual do mercado devido à entrada de novas empresas. E

uma segunda fase, no período posterior, marcada pela expansão da produção de algumas plantas, a saída de algumas empresas do mercado em um contexto de maior concorrência - relacionado à desregulamentação introduzida em 2012 - e a subutilização da capacidade produtiva (MORENO-PÉREZ; MARCOSSI e ORTIZ-MIRANDA, 2017).

A Portaria N° 476 do MME, de 15 de agosto de 2012, instituiu alterações nas regras para os leilões de biodiesel no país. O processo passou a ser feito em 6 etapas em ambiente virtual e com periodicidade bimestral. No novo modelo, o Preço Máximo de Referência passou a ser por região, desconsiderando o frete entre a região de origem e a de entrega do biodiesel, ou seja, o preço é baseado na oferta “na porta da usina”. Nesses moldes, as distribuidoras podem escolher qual fornecedor se enquadra melhor em termos de logística, preço e qualidade (AMARAL e ABREU, 2016). Esse novo modelo de leilões levou a uma desregulamentação na indústria do biodiesel e contribuiu para concentração desse mercado com o fechamento de algumas usinas (MORENO-PÉREZ; MARCOSSI e ORTIZ-MIRANDA, 2017).

Outra questão resultante da análise é que a produção de biodiesel brasileira se consolidou como uma espécie de negócio subsidiário articulado com duas indústrias agroalimentares fortes e bem organizadas no país, a indústria de processamento da soja e a de carne bovina (MORENO-PÉREZ; MARCOSSI e ORTIZ-MIRANDA, 2017).

Essa tese também está presente em Oliveira, McKay e Plank (2017) a partir da análise das políticas dos biocombustíveis nos EUA, Brasil e União Europeia. Segundo o estudo, essas políticas foram implementadas com o propósito de aumentar a segurança energética dos estados e/ou firmar alianças entre setores corporativos que se beneficiam do mercado de biocombustíveis.

No Brasil da década de 1980, subsídios do governo para estimular a produção e o consumo de etanol garantiram uma queda das importações de petróleo, enquanto o preço desse energético estava em alta no mercado internacional. Com a queda do preço do petróleo e a retirada de parte dos subsídios na cadeia do etanol, a produção desse combustível ficou estagnada na década seguinte, voltando a crescer com a alta do preço do petróleo a partir de 2003 e a retomada da discussão sobre segurança energética.

Em 2003, foi também lançado o veículo *flex fuel* que se estabeleceu no mercado brasileiro dando suporte a indústria sucroalcooleira. Do mesmo modo, o PNPB criou um novo mercado para indústrias que já processavam soja (OLIVEIRA, MCKAY e PLANK, 2017). Entretanto, os mecanismos implementados são insuficientes para garantir que os agricultores familiares que não possuem condições competitivas para o mercado do

biodiesel sejam incluídos e beneficiados pelo programa. Esse desempenho fortalece a crítica quanto ao benefício dos biocombustíveis para favorecimento de empresas agroindustriais.

Nogueira et al (2016) apresentam que a evolução do mercado do biodiesel no Brasil entre 2005 e 2015 pode ser analisada em termos da curva de aprendizado da tecnologia de produção de biodiesel e o impacto nos custos de produção ao longo dos anos. No quesito tecnológico, não houve introdução de novas metodologias, porém a curva demonstra uma tendência de queda nos custos de produção e dos preços em leilão do biodiesel no período analisado. Entre as causas para esse aprendizado e redução dos custos, estavam a queda dos preços do óleo de soja, o aumento da competitividade no mercado e a ampliação da capacidade instaladas nas usinas de biodiesel. O custo da matéria-prima representava uma parcela significativa nos custos de produção iniciando em 74% em 2006 e atingindo valores maiores que 83% nos anos seguintes, devido à queda dos outros custos, como o custo operacional. O aumento da capacidade da usina, alinhado com um melhor controle do processo, contribuiu para redução das perdas e, portanto, dos custos de produção (NOGUEIRA et al., 2016).

Ainda sobre a esfera tecnológica, um avanço seria, por exemplo, o uso de biotecnologia para desenvolver oleaginosas com maior teor de óleo ou de matérias-primas não alimentares. No entanto, isso poderia deixar os agricultores familiares mais marginalizados no contexto do PNPB, já que teriam menos acesso a essas novas espécies (CARDOSO, SHIKIDA E FINCO, 2017).

Sampaio e Bonacelli (2018) apresentaram o conceito de Estado empreendedor aplicado ao caso do biodiesel brasileiro e da subsidiária Petrobras Biocombustíveis. As políticas públicas de incentivo, pesquisa e desenvolvimento foram importantes para a consolidação da cadeia produtiva do biocombustível. A empresa foi também importante na construção de uma regulação que permitisse e reduzisse os riscos dos setores público e privado no desenvolvimento desse novo mercado.

A pesquisa se deu pela parceria com universidades e institutos formando Redes de Pesquisa em Oleaginosas da Petrobras Biocombustível. As Redes testaram a viabilidade técnica do biodiesel de diversas oleaginosas, inclusive as cultivadas no Nordeste e semiárido, como mamona e dendê. Entretanto, o trabalho reiterou a dificuldade de implementar políticas de desenvolvimento regionais sem entender as características locais. Esse argumento também é defendido em Abramovay e Magalhães (2007). Como resultado, tem-se uma produção de biodiesel concentrada nas regiões Sul

e Centro-Oeste baseada, majoritariamente na soja, ao invés de diversificar as fontes de matéria-prima (SAMPAIO e BONACELLI, 2018).

Silva César et al (2019) confirmam as razões pelas quais a soja se tornou a principal matéria-prima para produção de biodiesel. A alta tecnologia associada ao cultivo da soja garante sua produção no território brasileiro, principalmente nas regiões Sul e Centro-Oeste. Ademais, a soja, dentre todas as oleaginosas cultivadas no país, apresenta a mais organizada cadeia produtiva, o que garante escala de produção, preços mais competitivos e ainda a vantagem da conversão do óleo em vendas em outros mercados. Outra questão levantada é que o óleo de soja é coproduto do esmagamento da soja para produção de farelo, utilizado como ração animal. Sendo assim, mesmo a soja não sendo a oleaginosa com maior teor de óleo, a disponibilidade do óleo é garantida na produção em larga escala de farelo de soja (SILVA CÉSAR et al., 2019).

A predominância da soja, principalmente da região Sul, também é observada na realidade dos agricultores familiares que fornecem matéria-prima para os produtores de biodiesel com SCS. Em 2017, do volume total de matérias-primas fornecidas pela agricultura familiar no escopo do PNPB, a quantidade de soja oriunda de famílias da região Sul correspondeu a 73,3%. Essa região também concentra a maior parte das cooperativas de agricultores familiares, 57 de um total de 73 cooperativas habilitadas no Programa (PETRY, PERECIN e NINNI, 2019). A ocupação do solo e a tradição de cooperativismo no Sul refletem em uma vantagem dos agricultores familiares sulista (SILVA CÉSAR et al., 2019; PEDROTI, 2013).

O principal fator que motiva produtores de biodiesel a se manterem no programa e obterem o SCS é a garantia de venda nos leilões. Por outro lado, para as cooperativas do sul do país que vendem soja para os usineiros, uma espécie de “bônus social” foi apontada como fator de motivação para agricultores familiares/cooperativas permanecerem no programa. O processo burocrático exigido pelo MDA para habilitação ou para manutenção de uma cooperativa na lista de habilitadas para o programa representa um custo e um fator de inibição. Porém, isso é suprido com um retorno a mais pago pelos usineiros por quantidade de matéria-prima entregue pela cooperativa, desde que essas cumpram com a quantidade acordada no contrato. Como os usineiros com selo recebem descontos no pagamento de impostos, eles repassam parte desse valor às cooperativas, na forma de bônus. Dessa forma, os agricultores familiares recebem mais vendendo soja para os produtores de biodiesel do que em outros mercados (BARROS RIBEIRO *et al.*, 2018).

O valor do bônus pode variar de R\$1,00 a R\$1,80 por saca de grão de soja (60Kg) vendida para os produtores de biodiesel (SILVA CÉSAR et al., 2019).

Muitos produtores de biodiesel compram matérias-primas das cooperativas do Sul para atingirem a cota necessária referente a obtenção do selo, com isso, o “bônus social” também é mais uma vantagem para os agricultores do sul. Desse modo, as pressões institucionais do selo precisariam ser revistas para mitigar essas disparidades regionais. (BARROS RIBEIRO et al., 2018). Além disso, uma maior transparência nos dados da certificação das usinas, como a quantidade de matéria-prima adquirida da agricultura familiar para cumprir os percentuais mínimos regionais da certificação, é importante para enxergar maneiras de corrigir a regulação e melhorar o desempenho social do Programa.

Em termos de cooperativismo, foram identificadas três formas de organização entre produtores rurais no Brasil: tradicional, economia solidária e virtual. A cooperativa tradicional foi iniciada por imigrantes europeus e fomentada pelo governo brasileiro no intuito de desenvolver e ocupar a fronteira rural (STATTMAN e MOL, 2014). Essas cooperativas são as mais antigas e mais bem estruturadas e são representadas pela Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB), cuja maioria das cooperativas membros está no sul do país.

A partir de 1990, um segundo grupo de cooperativas começa a aparecer com uma proposta de economia solidária e forjada nas bases dos movimentos sociais rurais como o MTST e associadas à Federação Nacional dos Trabalhadores e Trabalhadoras na Agricultura Familiar (FETRAF) reiterando a luta por uma reforma agrária no país (STATTMAN e MOL, 2014). São exemplos de economias solidárias que compunham a lista de habilitadas ao PNPB em 2019: COOPAF, COOMTRATA, COOTEBA, COOFAVA (MAPA, 2020).

As cooperativas de agricultores familiares surgem como saída à exploração de ambos os lados da cadeia: a venda da produção aos atacadistas e industriais e a compra de insumos, como sementes e fertilizantes. Assim, a organização de pequenos agricultores em empresas solidárias permite ganho de escala e poder de mercado em suas negociações. Sendo essas empresas uma forma de organização baseada na autogestão e na solidariedade entre os membros; os lucros são reinvestidos na geração de novas fontes de trabalho e renda para a empresa ou sob a forma de novas cooperativas (SINGER, 2001).

Um terceiro grupo, não necessariamente associado a pequenos produtores e agricultores familiares, compõem as cooperativas de elite ou virtuais, que visam o mercado internacional de commodities, aplicam tecnologias avançadas e conseguem

produção em larga escala. Essas cooperativas estão basicamente na região Centro-Oeste e Sul. Na região Nordeste prevalecem agricultores familiares no modelo de economia solidária ou isolados, não associados a nenhuma cooperativa (STATTMAN e MOL, 2014).

Em 2012, eram 8 cooperativas baianas habilitadas no PNPB, todas fundadas no período pós 1990 compostas por agricultores familiares e pequenos produtores. As cooperativas analisadas afirmaram que só a habilitação para o PNPB não era suficiente para se inserirem nesse e em outros mercados. Assim, as cooperativas defenderam a necessidade de outras políticas para que elas se tornem mais profissionais, como linhas de crédito, melhora na infraestrutura de estocagem e investimentos em operações que permitem agregar valor aos produtos vendidos (STATTMAN e MOL, 2014).

As regras do SCS foram alteradas algumas vezes, sendo que a Instrução Normativa (IN) nº. 01 do MDA de 2009 teve um efeito importante no aumento do número de agricultores familiares no programa (MARCOSSI e MORENO-PÉREZ, 2018; STATTMAN e MOL, 2014), especialmente por meio de cooperativas. No entanto, ainda se trata de uma cobertura restrita aos agricultores que já eram de alguma maneira inseridos e competitivos em um mercado de comercialização dos seus produtos (STATTMAN e MOL, 2014).

A IN de 2009 não foi suficiente para expandir os contratos com agricultores familiares do Norte e Nordeste. Nessas regiões prevalecem usinas isoladas e quase não existem usinas integradas. No caso de usinas isoladas, a compra de matéria-prima da agricultura familiar é mais dispendiosa pois os usineiros com SCS precisam ou de uma parceria com as esmagadoras ou revender os grãos adquiridos, para posterior compra do óleo. Já para uma usina verticalizada ou integrada, que produz sua própria matéria-prima e possui infraestrutura de processamento de grãos, a compra da soja da agricultura familiar é vantajosa pois o usineiro ainda ganha com a venda do farelo, após processar o grão obtido da agricultura familiar (FREITAS e MARTINS, 2012b).

O mecanismo do SCS foi apontado como uma estratégia que funciona como um subsídio para indústrias, já que usinas com selo tem prioridade no leilão. (MARCOSSI e MORENO-PÉREZ, 2018; STATTMAN e MOL, 2014). Por outro lado, a assistência técnica dada aos agricultores familiares por produtores de biodiesel com selo comprovou uma melhora na produtividade e nos rendimentos das famílias beneficiadas (MARCOSSI e MORENO-PÉREZ, 2018). Isso reitera que melhorar as condições de produção do agricultor familiar e levar desenvolvimento rural para a região demonstra um caminho

que as políticas públicas de inclusão, como o PNPB, podem seguir para expandir o número de famílias beneficiadas (STATTMAN e MOL, 2014).

Na questão ambiental com foco na redução das emissões de CO₂, Murta e Freitas, (2018), calcularam as emissões evitadas com o uso do biodiesel em comparação ao diesel de petróleo puro, utilizando a metodologia do IPCC. O cálculo considerou o consumo e o fator de emissão do diesel e do biodiesel para estimar as emissões por veículos a diesel no Brasil entre 2005 e 2025. Admitiu-se uma mistura de 2% entre 2005-2008, 5% entre 2009-2012 e 7% entre 2013 e 2025. Com isso, as emissões evitadas foram estimadas em 11,6 MtCO₂ para o primeiro período, 26,2 MtCO₂ para o segundo e 37,8 MtCO₂ para o terceiro. Vale ressaltar que o aumento da porcentagem da mistura de biodiesel aconteceu de forma mais acelerada que o previsto no estudo, de modo que em 2018 a porcentagem já era 10% e, portanto, as emissões evitadas podem ser ainda maiores.

A EPE estima a redução das emissões em termos de CO₂eq. Em 2018, conforme resultados da Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis, evitou-se a emissão de 15 MtCO₂eq pelo uso do biodiesel (EPE, 2018). Essas estimativas anuais foram compiladas e apresentadas no capítulo referente a dimensão ambiental desse trabalho, seção 6.4.

5. Política energética

5.1. Políticas públicas e segurança energética

Uma política pública pode ser entendida como uma ação que parte da esfera pública e/ou atende a um problema público (SECCHI, 2013). Nesse sentido, a não disponibilização de energia a um preço acessível, a distribuição desigual entre as pessoas no planeta e os impactos socioambientais do setor energético constituem problemas públicos, que por sua vez, são alvos de políticas governamentais. Além da disponibilidade de energia à preços acessíveis, as políticas energéticas podem estar associadas ao provimento de outras dimensões da segurança energética.

A segurança física da infraestrutura, o aumento da eficiência, a diversificação da matriz e as questões sociais e ambientais relacionadas a produção, comercialização e usos da energia são abordagens consideradas na avaliação da segurança energética (SOVACOO E BROWN, 2010). A inserção do biodiesel na matriz de combustíveis contribui com o aumento da segurança energética do país na medida em que reduz as importações de diesel e promove a diversificação das fontes de energia. O uso do biodiesel, por ser renovável, menos poluente que o diesel e associado a políticas públicas para a agricultura familiar, está relacionado com questões ambientais e sociais da segurança energética brasileira.

Segundo Pinto Jr. (2007), as políticas energéticas buscam garantir o abastecimento de energia, presente e futuro, necessário ao desenvolvimento e ao bem-estar social. Uma política pública e energética tem uma abordagem estratégica de utilização dos recursos naturais e da expansão da infraestrutura do setor. Portanto, pode ser vista como uma intervenção estatal de caráter ideológico que visa atingir objetivos sociais e o desenvolvimento (PINTO JR., 2007).

O quanto o Estado interfere, quais mecanismos econômicos e quais tecnologias são aplicadas dependem das forças de mercado envolvidas e dos objetivos socioambientais que orientaram a política energética. Sendo assim, os desdobramentos das políticas energéticas podem ser avaliados com base nas dimensões econômica, tecnológica, social e ambiental (PINTO JR., 2007).

A dimensão econômica relaciona a forma como uma política pública entra em ação na sociedade e, o seu balanço econômico determina sua viabilidade. Além disso, a questão energética sempre foi um tema geopolítico tratado em nível internacional. Sendo

assim, as relações de importações e exportações de combustíveis, derivados de petróleo e outros energéticos entre o Brasil e o mundo também são parte dessa análise.

Outra dimensão relevante é a ambiental, que está relacionada aos impactos no meio, principalmente, as emissões de gases poluentes e de efeito estufa, degradação do solo, recursos hídricos e da vegetação natural. A partir do final dos anos 1960 e início dos anos 1970, a discussão ambiental passou a ser pauta internacional e a primeira grande conferência do tema foi a de Estocolmo em 1972, na qual foi elaborada a definição de desenvolvimento sustentável pensando no tempo presente e nas gerações futuras (VARELLA, 2003).

Essa discussão partia de já elencados conceitos como o de *Ecodesenvolvimento* de Ignacy Sachs (VARELLA, 2003), onde é preciso haver desenvolvimento que seja ambientalmente prudente, economicamente viável e que contribua com a redução das desigualdades sociais, pobreza e fome (SACHS, 2002). Sendo assim, para avaliar uma política energética é preciso analisar seus impactos na sociedade e, mais ainda, a sua promoção da redução das desigualdades sociais, direta ou indiretamente, relacionadas ao setor.

O desenvolvimento tecnológico e científico do país na consolidação da metodologia de produção de biodiesel em escala nacional, considerando as variantes climáticas e as matérias-primas locais, consiste na dimensão tecnológica do PNPB. Assim, são apresentadas as empresas que detêm a tecnologia de produção no país e discussões acerca dos critérios da qualidade do produto e como isso pode impactar na concentração do mercado das empresas produtoras de biodiesel.

Entretanto, cabe ressaltar que o Estado, ao realizar ou regular uma intervenção pode gerar efeitos negativos, pois a política pública é abrangente e geralmente contempla objetivos conflitantes entre si (PINTO JR., 2007). Por isso a importância de constantes análises dos resultados, readequação da estrutura regulatória e dos mecanismos de controle das políticas públicas (SECCHI, 2013).

Outro fator relevante é a consistência de uma política energética para conseguir, a médio e longo prazo, equacionar as variáveis ambientais, econômicas, tecnológicas e sociais, criando um cenário estável e de baixo risco. Essa consistência favorece o investimento privado para que o sistema implementado se sustente ao longo dos anos (WHITE et al., 2013).

Desse modo, o compromisso em reduzir emissões, promover a diversificação da matriz energética e aumentar a participação das energias renováveis podem ser

contemplados no escopo de políticas energéticas do governo. Um conjunto de medidas pode ser elaborado na esfera regulatória para atingir as metas estabelecidas e administrar as dimensões envolvidas. Com isso, essas ações podem atuar na construção da estrutura, tanto tecnológica quanto de mercado, em favor da expansão das energias renováveis (BARBOSA, 2016).

Sendo assim, o PNPB pode ser analisado sob a ótica de uma política pública do setor energético com dimensões técnicas, econômicas, sociais e ambientais, implementada por meio de mecanismos regulatórios ativos, desde o início em 2004. Esses instrumentos permitem a manutenção da cadeia produtiva do biodiesel no país.

5.2.Regulação de políticas promocionais no setor energético

Segundo Barbosa (2016), uma política que visa a promoção de determinadas fontes de energia pode favorecer o lado do investimento ou da geração. A orientação pode ser em relação ao preço ou à quantidade gerada, ou ainda, de modo indireto, como pela cobrança de taxas ambientais. Incentivos fiscais e subsídios financeiros são exemplos de instrumentos que atuam na redução dos custos para o produtor e, conseqüentemente, do preço da energia.

Por outro lado, o sistema de leilões específicos e o de quotas com certificado verde estão relacionados à garantia de mercado para a produção e, portanto, se referem à quantidade de energia. No Brasil, a isenção de tributos e incentivos ao investimento e o sistema de leilões são os instrumentos mais adotados (BARBOSA, 2016). A aplicação de taxas ambientais é uma forma indireta de favorecer as energias renováveis ao encarecer as energias mais poluentes. Uma maneira de compensar as externalidades negativas do uso dessas energias.

Os produtores de biodiesel contam com leilões específicos e com o sistema de quotas que assegura que pelo menos 80% do biodiesel comercializado no Brasil tenha origem dos produtores certificados pelo Selo Combustível Social. Além disso, os produtores têm reduções no pagamento das contribuições tributárias: PIS, Programa de Integração Social e COFINS, Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (PEDROTI, 2013). Sobre as vendas de biodiesel não incide o IPI, Imposto sobre Produtos Industrializados, e alguns produtos da cadeia do biodiesel são isentos de ICMS, Imposto Sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (BARBOSA, 2016).

5.3. Políticas públicas e mecanismos relacionadas ao PNPB

Como o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel foi elaborado, desde o início, com a intenção de promover a inclusão da agricultura familiar no programa, bem como das potencialidades regionais, foram criados alguns instrumentos geridos por órgãos governamentais, como o Selo Combustível 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 e Tecnologia (MCT) (PADULA et al, 2012). A Tabela 10 relaciona as políticas públicas do governo brasileiro envolvidas com o PNPB, identificando os beneficiários e os mecanismos aplicados em cada uma.

Tabela 10 - Relação de instituições responsáveis, formas de atuação, instrumentos adotados e beneficiários de cada política pública relacionada ao PNPB.

Política Pública	Coordenação	Atuação	Beneficiários	Mecanismos
PNPB	CEIB- Casa Civil	Gestão sustentável do programa	Envolvidos na produção e comércio do biodiesel	Redução de impostos, fornecimento de linhas de crédito e regulação da cadeia de biodiesel.
SCS- Selo Combustível Social	MDA	Garantia dos incentivos técnicos, econômicos e sociais.	Agricultores familiares, cooperativas e produtores com o Selo	Redução de tarifas e prioridade no leilão para o produtor. Garantia de assistência técnica e de mercado ao agricultor.
PRONAF- Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar	MDA	Financiamento por linhas de crédito específicas	Agricultores familiares	Fornecimento de crédito ao agricultor.
Zoneamento agrícola	MDA e MAPA	Levantamento de áreas com potencial para produção de matéria-prima para o biodiesel	Agricultores familiares	Levantamento e divulgação de potenciais zonas agrícolas para o programa.

Câmara Setorial da Cadeia Produtiva de Oleaginosas e Biodiesel	MAPA	Identificação de oportunidades ao desenvolvimento da cadeia produtiva oleaginosas	Agricultores	Promoção de pesquisa e desenvolvimento e funciona como Foro consultivo
Programa de Desenvolvimento Tecnológico do Biodiesel	MCT	Suporte à pesquisa, inovação e desenvolvimento tecnológico da produção e uso do biodiesel	Centros de pesquisa e educação	Chamadas públicas de editais e eventos para institutos de pesquisa

Fonte: Adaptado de 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).

Mesmo que a dimensão ambiental não conste como objetivo explícito do programa (PEDROTI, 2013), a Empresa de Pesquisa Energética considera o uso do biodiesel, bem como o aumento da porcentagem de mistura para os próximos anos, como estratégia para redução das emissões (EPE, 2019a). Além disso, a EPE calcula anualmente uma estimativa da redução das emissões advinda do uso de biocombustíveis na matriz energética brasileira (EPE, 2018).

5.4. Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)

A mais nova iniciativa com relação aos biocombustíveis no Brasil consiste na Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), lançada em 2017. Essa política tem como objetivo reconhecer o papel estratégico dos biocombustíveis na matriz energética brasileira com relação à segurança energética e à mitigação das emissões de gases causadores do efeito estufa no setor de combustíveis. Dessa forma, o RenovaBio está

associado às metas de redução das emissões assumidas pelo Brasil no Acordo de Paris. O foco é o desdobramento de metas nacionais em metas individuais para cada distribuidora de combustível conforme a sua participação nesse mercado.

O principal instrumento dessa política é uma certificação que atribui uma nota aos produtores de biocombustíveis contabilizando, com base nas emissões de CO_2eq do ciclo de vida, a contribuição para a mitigação das emissões do biocombustível em relação ao seu equivalente fóssil. O biodiesel, etanol, biogás, biometano, bioquerosene e demais biocombustíveis são considerados no RenovaBio. As notas são convertidas em Créditos de Descarbonização (Cbios) negociados em bolsa para aquisição pelos distribuidores que, por sua vez, comprovam o cumprimento das suas metas individuais com a propriedade desses créditos (MME, 2016a).

Como visto, o RenovaBio não é uma política de subsídios e a princípio não favorece um determinado tipo de biocombustível. Entretanto os produtores de biocombustíveis que gerarem mais Cbios serão mais procurados no mercado. Para o cálculo e atribuição da nota aos produtores foi criada uma ferramenta denominada RenovaCalc na qual é possível especificar as etapas do processo produtivo, desde a obtenção da matéria-prima até a saída da unidade produtora. Assim, um mesmo tipo de biocombustível pode obter notas diferentes de acordo com a rota de produção. A RenovaCalc pode ser otimizada ao longo do tempo para garantir uma precisão e especificação nas notas. Nesse primeiro momento, com relação ao biodiesel são contemplados apenas a soja e a gordura bovina como matéria-prima (MME, 2016a).

O RenovaBio tem sido bem aceito pelos produtores de biocombustíveis e a certificação já está em curso com atualizações frequentes sendo divulgadas pelo portal da ANP. Até a atualização de 24 de março de 2020, um total de 79 usinas já obtiveram a Nota de Eficiência Energético-ambiental ($\text{gCO}_2\text{eq/MJ}$) em função da diferença entre a Intensidade de Carbono do biocombustível e seu combustível fóssil substituto. Com isso, quanto mais eficiente for o processo produtivo do emissor primário, maior a nota.

Dentre as usinas certificadas, 11 são produtoras de biodiesel, sendo quatro no Sul, três no Sudeste, duas no Nordeste e duas no Centro-Oeste. A maior nota foi 81,3 $\text{gCO}_2\text{eq/MJ}$ da BSBIOS em Passo Fundo/RS e a menor, 76,8 $\text{gCO}_2\text{eq/MJ}$ da Petrobras biocombustíveis em Montes Claros/MG. A nota posteriormente é convertida em Fator para emissão de Cbios considerando o poder calorífico e a massa específica de cada combustível. Esse Fator é multiplicado pelo volume de combustível vendido e, com isso, obtém-se o total de Cbios que o produtor tem direito a emitir. As distribuidoras receberam

já suas metas de aquisição de Cbios para esse ano que foi calculada com base na meta nacional de redução das emissões. Em breve a comercialização de Cbios entre produtores primários e distribuidoras deve ter início em um mercado organizado que garante transparência, segurança na compensação e liquidação dos negócios (ANP, 2020b).

6. Evolução do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel: 2008-2018

6.1. Dimensão tecnológica

Conforme visto, a tecnologia de produção de biodiesel por meio da reação de transesterificação de óleos vegetais foi desenvolvida em iniciativas anteriores: a patente brasileira registrada em 1980 (PARENTE, 2003) e o Projeto OVEG, Programa Nacional de Energia de Óleos Vegetais, em 1983 (DOMINGUES, 2016). Com o início do PNPB, em 2005, essa tecnologia ganhou escala comercial.

Na análise da dimensão tecnológica foram consideradas a evolução da capacidade instalada, do número de usinas e da produção de biodiesel, nacional e por região. A consolidação da indústria nacional e seus pilares de sustentação também foram explorados. Com isso, o tipo de empresa que mais produz biodiesel, matérias-primas utilizadas e fatores que levaram a atual configuração da cadeia produtiva foram aspectos investigados.

Em 2009, ano seguinte ao início da mistura obrigatória, a capacidade instalada anual no Brasil era de 4,7 milhões de m³, enquanto que a produção de biodiesel foi de 1,6 milhões de m³. Em 2018, a capacidade quase dobrou atingindo 8,5 milhões de m³ e a produção cresceu para 5,3 milhões de m³. Nesse sentido, a capacidade ociosa em 2018 foi de 37% (ANP, 2010 e 2019a).

Assim, é possível perceber que o PNPB criou um cenário favorável para a expansão da capacidade instalada que é superior à demanda e à produção de biodiesel. Além disso, esse aumento se deu associado ao SCS: mais de 90% dessa capacidade é composta por produtores certificados (MME, 2016b). Em 2018, considerando os resultados dos leilões, 97% do volume de biodiesel ofertado foi proveniente de usinas com SCS (ANP, 2018a).

A obrigatoriedade da mistura de 2% de biodiesel no diesel em 2008 e os sucessivos aumentos dessa porcentagem até 10%, em 2018, contribuíram para criar uma demanda segura pelo biodiesel no país. O crescimento da capacidade demonstrou, com isso, o amadurecimento do mercado e da indústria de biodiesel brasileira, dando suporte para o aumento da porcentagem de mistura de biodiesel no diesel (ANP, 2020a).

Em termos regionais, os resultados com relação à distribuição das usinas produtoras no território nacional mostraram que as regiões Sul e Centro-Oeste

concentram a maioria das usinas e a maior parcela da capacidade produtiva. A Figura 11 apresenta a capacidade anual de produção das usinas brasileiras por região nos anos de 2009, 2014 e 2018.

Figura 11 - Capacidade instalada anual por região nos anos de 2009, 2014 e 2018.

Fonte: elaboração própria com base em ANP (2010, 2015, 2019a).

Desse modo, é possível verificar que a capacidade total passou de 4,7 para 8,5 Milhões de m³. Sendo que a capacidade da região Centro-Oeste quase dobrou e a do Sul triplicou ao longo dos anos, ambas capacidades ultrapassam 3 milhões de m³. Na região Sudeste não houve grandes alterações no período, mantendo a capacidade produtiva abaixo de 1 milhão. Por outro lado, a região Nordeste teve sua capacidade reduzida. As regiões Norte e Nordeste apresentam as menores capacidades instaladas do Brasil, 613,8 mil m³ no caso do Nordeste e 349,6 mil m³ no Norte em 2018.

Essa situação também pode ser observada no total de usinas por região, em dezembro de 2018, o Brasil tinha ao todo 51 usinas, sendo 24 delas localizadas no Centro-Oeste, 13 no Sul, 8 no Sudeste, 3 no Norte e 3 no Nordeste. Uma observação importante é que mesmo o Sul tendo aproximadamente a metade do número de usinas do Centro-Oeste, ambas as regiões têm capacidade instaladas parecidas. A concentração de usinas nas regiões Centro-Oeste e Sul evidencia vantagens econômicas de estar próximo aos grandes fornecedores de matéria-prima, já que essas regiões são também as maiores produtoras de soja (FREITAS e MARTINS, 2012a). A Figura 12 mostra a distribuição das usinas produtoras no território nacional em 2018.

Figura 12 - Mapa das usinas produtoras de biodiesel no Brasil em 2018

Fonte: ANP (2019a).

A concentração de usinas nas regiões Centro-Oeste é uma realidade desde o início do Programa. Foi constatado um aumento do número de usinas na região Sul e redução nas demais regiões ao longo do tempo. A quantidade de usinas por região para os anos de 2009, 2014 e 2018 constam na Tabela 11.

Tabela 11 - Relação do número de usinas por região nos anos 2009, 2013, 2018

Região	Número de usinas		
	2009	2014	2018
Norte	7	3	3
Nordeste	5	3	3
Centro-Oeste	30	27	24
Sudeste	14	11	8
Sul	7	14	13
Total	63	58	51

Fonte: elaboração própria com base em ANP (2010, 2015 e 2019a).

Ao todo houve uma redução no número de usinas entre 2009 e 2018, entretanto, como apresentado anteriormente, a capacidade instalada aumentou nesse mesmo período. Isso mostra que prevaleceram no mercado de biodiesel as usinas de grande porte. A redução da quantidade de usinas nas regiões Norte e Nordeste demonstrou um afastamento

do Programa em relação a uma das suas diretrizes: desenvolvimento das potencialidades regionais, principalmente do Nordeste e semiárido (PEDROTI, 2013 e RIVAS DE OLIVEIRA et al, 2012).

Em termos de produção de biodiesel, as regiões com maior capacidade são as que mais produzem biodiesel, conforme pode ser verificado na Figura 13, que apresenta a evolução da produção de biodiesel por região entre 2008 e 2018.

Figura 13 – Evolução da produção de biodiesel anual por região

Fonte: elaboração própria com base em ANP (2018b, 2019a).

O total da produção entre 2008 e 2018 foi de 34,3 Milhões de m³. O Centro-Oeste produz o maior volume de biodiesel, seguido da região Sul. Parte do biodiesel produzido nessas regiões é destinado ao consumo das outras regiões, principalmente o Sudeste, onde o consumo de biodiesel é maior. A Tabela 12 apresenta os fluxos das vendas de biodiesel entre as regiões brasileiras.

Tabela 12 - Fluxo do biodiesel entre as regiões em 2018

Região de origem	Região de destino				
	Centro-Oeste	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul
Centro-Oeste	35,7%	19,0%	19,2%	25,9%	0,2%
Nordeste	0,1%	99,5%	-	0,4%	-
Norte	22,8%	53,8%	20,9%	2,6%	-
Sudeste	0,2%	2,2%	-	97,5%	0,1%
Sul	-	0,0%	-	44,1%	55,8%

Fonte: Fonte: elaboração própria com base em ANP (2019a).

Em 2018, o Centro-Oeste, maior produtor de biodiesel, vendeu 64% da sua produção para as demais regiões: 26% para o Sudeste, 19% para o Nordeste, 19% para o Norte e 0,2% para o Sul. O Sul, segundo maior produtor de biodiesel, vendeu 44% da sua produção, sendo a maior parte transportada para o Sudeste, região com maior consumo de biodiesel. O Nordeste permaneceu com 99,5% da sua produção de biodiesel e recebeu 19% da produção do Centro-Oeste e 53,8% da produção do Norte, evidenciando que é uma região que poderia expandir a produção local para atender sua demanda por biodiesel.

Além da localização das usinas e da capacidade instalada, outra questão foi levantada por Gutiérrez-oppe (2013) e Moreno-Pérez, Marcossi e Ortiz-Miranda (2017): o tipo de empresa que produz o biodiesel no mercado brasileiro. A Tabela 13 apresenta as maiores usinas em termos de capacidade instalada por região.

Tabela 13 - Relação das usinas com maior capacidade instalada por região nos anos 2009, 2014 e 2018.

Região	Usina com maior capacidade (m³/dia)		
	2009	2014	2018
Norte	Brasil Ecodiesel (355)	Granol (360)	Granol (800)
Nordeste	Brasil Ecodiesel (355)	Petrobras (603)	Petrobras (1.063)
Centro-Oeste	ADM (942)	ADM (1.352)	Granol (1.550)
Sudeste	Biocapital (751)	JBS (560)	JBS (560)
Sul	Granol (921)	Oleoplan (1.050)	Oleoplan (1.300)

Fonte: Elaboração própria com base em ANP (2010, 2015 e 2019a).

Dessa maneira, nas regiões Norte e Sul, as empresas Granol e Oleoplan se destacaram nos três anos avaliados, nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, as maiores empresas foram ADM, JBS e Ganol; já a Petrobrás é a maior no Nordeste. Segundo informações extraídas dos sites das empresas, a JBS é multinacional de origem brasileira, uma das líderes globais da indústria de alimentos, atua no mercado de carnes in natura, congelados e negócios correlacionados, como couros, biodiesel, colágeno e envoltórios para embutidos. A Granol é brasileira, dedicada à produção e comercialização de grãos, farelos, óleos vegetais e biodiesel para o mercado interno e externo. A ADM, por sua vez, é americana, líder global em nutrição humana e animal; no Brasil processa e vende soja, milho, ração, biocombustíveis, produtos químicos e ingredientes especiais para a indústria. A Oleoplan é brasileira e atua na produção de biodiesel, energia eólica e cultivo de palma. A Brasil Ecodiesel, que foi importante nos anos iniciais do programa,

principalmente produzindo no Norte e Nordeste, atuava somente no mercado de biodiesel e, no entanto, não se estabilizou (GGN, 2010).

Com isso, o mercado de biodiesel é majoritariamente formado por empresas que produzem, além do biodiesel, outros produtos, principalmente relacionados ao mercado alimentício. Moreno-Pérez, Marcossi e Ortiz-Miranda (2017) apontaram que a maioria das empresas usava mais de um tipo de matéria-prima na produção de biodiesel. Porém, é possível identificar o domínio da soja quando das 34 usinas, 14 utilizavam apenas soja para produzir biodiesel em 2016. Como foi visto, dentre as maiores produtoras de biodiesel estão grandes empresas de processamento de soja.

Ainda no contexto de concentração do mercado, o rigor com relação à qualidade do biodiesel também pode ter sido um fator para fechamento de usinas menores, já que os teste dos parâmetros, segundo determinações das ANP, devem ser feitos em laboratórios credenciados, implicando em um custo significativo para essas análises (BARUFI et al, 2007). O aumento da porcentagem de mistura de biodiesel e os padrões de qualidade seguiram recomendações dos testes de motor encomendados pelo governo. Em abril de 2018, o MME publicou o Relatório de consolidação dos testes para validação do uso de B10, aprovando o aumento da mistura. Para o B15, foram apontados ajustes à especificação do biodiesel (EPE, 2019a). Nesse sentido, a ANP publicou a Resolução nº 798/2019 reduzindo o limite mínimo para a estabilidade oxidativa do biodiesel.

Assim, o aumento das exigências para se atingir a qualidade desejada ao longo dos anos também favoreceu os produtores maiores, que por apresentarem maior margem de lucro, conseguiram otimizar o processo produtivo afim de melhorar a qualidade do biodiesel.

Em 2018, a preocupação com a pluralidade desse mercado e a permanência de produtores menores motivou o governo a determinar uma cota de aquisição de biodiesel oriunda de usinas de menor porte, até 200 m³/dia de capacidade instalada. Com essa decisão, de 5% a 10% do volume total comercializado nos leilões deverá ser comprado prioritariamente desses produtores, segundo Decreto Nº 9.365/2018.

Os dados sobre o tipo de matéria-prima e detalhes do processo, como catalisador e a rota utilizada em cada usina não são divulgados em plataformas oficiais, dificultando o acesso e atualização das informações específicas. A EPE, para elaboração do Balanço Energético Nacional, desconsidera o uso do etanol nesse contexto por ser pouco utilizado, sem especificar essa quantidade nem as usinas envolvidas (EPE, 2019b).

Ressalta-se que o desenvolvimento da tecnologia de produção foi anterior ao início do programa e contou com esforço e resultados de centros de pesquisa e universidades que testaram diversas matérias-primas e processos. Esse fato é mais um exemplo da importância da ciência brasileira para o desenvolvimento tecnológico do país. A partir da curva de aprendizado da tecnologia do biodiesel, foi constatada uma redução dos custos de produção e ausência de grandes inovações no processo produtivo, sendo a transesterificação de óleos e gorduras com o uso do metanol e de catalisadores básicos o processo consolidado na indústria nacional (NOGUEIRA et al., 2016).

Um avanço foi relatado em Mur Castro (2019) referente a uma usina da Binatural em Goiás/MT. A empresa inovou na etapa do pré-tratamento, adicionando a glicerina, coproduto do processo, junto com o catalisador no tanque com a matéria-prima. A glicerina faz o arraste de impurezas e o catalisador ajuda na neutralização dos ácidos graxos livres presentes na matéria-prima que reduzem o rendimento do processo. Com isso, a quantidade de metanol utilizada foi reduzida, bem como o esforço da planta de pré-tratamento, retornando ganhos reais para o produtor.

A nova Política Nacional de Biocombustíveis, o RenovaBio, conta com uma calculadora que atribui aos produtores de biocombustíveis créditos referentes a contribuição para redução das emissões do biocombustível em relação ao seu equivalente fóssil. Assim, os produtores precisam inserir dados de entrada sobre a fase industrial e detalhes do processo produtivo para obterem suas notas (MME, 2016a). Tendo em vista uma das diretrizes dessa nova política que é a promoção dos biocombustíveis sem privilegiar um produto específico, a transparência é importante para estimular a competitividade. Com isso, esses dados podem se tornar uma fonte oficial e que melhor representa a realidade dos processos produtivos de cada usina, contribuindo para as avaliações, pesquisas e investimentos nesse tema. Ademais, com o RenovaBio, os biocombustíveis menos poluentes terão mais créditos associados. Essa competição pode estimular inovações tecnológicas na indústria do biodiesel.

Desse modo, o desenvolvimento do mercado de biodiesel e a ampliação da capacidade instalada no país foram respostas positivas ao aumento do percentual de mistura no diesel, as exigências atreladas ao Selo Combustível Social e à qualidade do combustível. O país tem o domínio do parque tecnológico, tanto para aumentar a produção de biodiesel com a infraestrutura atual quanto para expandir a mesma. Assim é possível seguir com os planos de aumentar em 1% ao ano o percentual de mistura até o B15.

A consolidação da indústria nacional de biodiesel se apoiou nas grandes indústrias de processamento de soja, o que por um lado trouxe a segurança e a garantia do abastecimento, por outro, levou a uma concentração do mercado, fechamento de usinas de pequeno porte e uma distribuição desigual das usinas pelo território nacional. As empresas do ramo de alimentos, principalmente da produção de soja e farelo, adotaram a tecnologia de transesterificação, se adaptaram às exigências de qualidade do biocombustível, incluindo investimentos nesse setor. Esse fato ajuda a explicar a dificuldade que o PNPB enfrenta para diversificar as matérias-primas para produção de biodiesel frente a grande cadeia da soja no país.

As regiões Centro-Oeste e Sul, grandes produtoras de soja, são também as maiores produtoras de biodiesel. Assim, existe uma vantagem competitiva em estar próximo a fonte de matéria-prima. A promoção das regiões Norte e Nordeste na produção de biodiesel nacional e a diversificação das matérias-primas permanecem como desafios para a política do biodiesel.

6.2. Dimensão econômica

A análise econômica realizada nesse trabalho se restringiu à contribuição do biodiesel para promoção da segurança energética, que é um aspecto relevante para avaliação das políticas energéticas. Com isso, foi contabilizada a redução da dependência externa por diesel importado e a relação de dispêndio com importação de diesel e metanol e receita com a exportação de glicerol. No mercado interno, foram avaliadas as evoluções dos preços do biodiesel e do óleo de soja.

A matriz de transportes sofreu poucas alterações nos últimos anos, sendo que o diesel permaneceu sendo o combustível mais utilizado com mais de 40% do total. Os gráficos apresentados na Figura 14 mostram os dados da matriz de transportes brasileira em 2008 e 2018.

Figura 14 - Comparação da matriz de transportes brasileira de 2008 e 2018.

Fonte: adaptado de EPE (2018).

O setor de transportes é considerado de difícil descarbonização (PAVLENKO e ARAUJO, 2019) ainda mais na realidade brasileira em que veículos rodoviários são a base do transporte de cargas no país. Em 2018, em resposta ao aumento do preço do diesel, combustível mais utilizado por veículos pesados como os caminhões, uma greve dos caminhoneiros com duração de 10 dias paralisou rodovias em todo país. Essa situação gerou uma crise de abastecimento, com falta de alimentos, insumos e combustíveis em algumas regiões, evidenciando a importância e a dependência desse energético (BBC, 2018). Nesse contexto, os biocombustíveis são relevantes como estratégias para complementar a demanda por derivados de petróleo e reduzir as emissões do setor de transportes.

A introdução do biodiesel na matriz de transporte brasileira possibilitou que parte da demanda por diesel fosse suprida com a produção nacional de biodiesel. O crescimento da demanda e do consumo de biodiesel no país se deu através do aumento gradual da porcentagem da mistura obrigatória. Esse fato elevou a participação do biodiesel na matriz de transportes de 1%, em 2008, para 4% em 2018, enquanto que a participação do diesel foi reduzida de 48% para 44% no mesmo período (EPE, 2018).

O Brasil importa diesel para atender à demanda interna e complementar a produção nas refinarias do país. Os volumes de diesel importado e biodiesel produzido entre 2008 e 2018 são apresentados na Figura 15.

Figura 15 - Evolução dos volumes de diesel importado e de biodiesel produzidos entre 2008 e 2018.

Fonte: elaboração própria com base em ANP (2018b e 2019a).

A demanda por importação de diesel, em um contexto sem o uso da mistura de biodiesel no diesel, pode ser vista como demanda energética de diesel importado somado ao biodiesel consumido em toneladas equivalentes de petróleo (tep)⁴. A produção de biodiesel é ajustada a uma demanda compulsória e determinada pelos lotes negociados nos leilões. Com isso, adotou-se que o todo biodiesel produzido foi consumido, embora possa haver pequenas diferenças nesses valores.

Assumindo ainda que, sem a política de adição do biodiesel ao diesel, a quantidade de energia proveniente do biodiesel seria suprida com diesel importado, foi possível estimar a quantidade adicional de diesel que seria importada nessas condições. A partir da conversão para tep, o total de biodiesel produzido entre 2008 e 2018 foi de 34,27 Milhões de m³, ou 27,14 Milhões de tep. Assim, se essa quantidade fosse suprida com diesel, o Brasil teria de importar o equivalente a 32 Milhões de m³ de diesel a mais nesse período. Essa quantidade é aproximadamente igual a importação real de diesel nos últimos três anos de 2016 a 2018 (ANP, 2019b).

Em termos de dependência externa, a comparação do cenário real (1) e hipotético (2), sem o uso do biodiesel adicionado ao diesel, foi possível constatar a importância do

⁴ Unidade de energia em toneladas equivalente de petróleo (tep). Valores adotados: 0,792 tep/m³ de biodiesel; 0,848 tep/ m³ de diesel (EPE, 2019a).

biodiesel na redução da dependência externa. A Tabela 14 mostra os valores encontrados para contabilizar essa dependência nos dois cenários para os anos de 2009 e 2018.

Tabela 14 - Comparação dos dados de produção de biodiesel e importação de diesel nos anos 2009 e 2018 para o cenário real e hipotético, sem o uso do 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	7,3%	19,9%	10,5%	28,4%

Fonte: elaboração própria com base em ANP (2019a) e ANP (2019b).

Desse modo, a adoção da política de biodiesel no Brasil 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), 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.

Como a dependência externa é uma das dimensões da segurança energética (SOVACOL e BROWN, 2010), o PNPB se mostrou positivo nessa relação. A contribuição do biodiesel foi crescente, acompanhando o aumento da mistura obrigatória prevista no PNPB, de B2 em 2008, B4 em 2009, B5 em 2010, B6 em 2014, B8 em 2017, para B10 em 2018.

A redução das importações de diesel pode também significar uma economia nos dispêndios com essa aquisição. Para verificar isso, analisou-se quanto o país gastou por ano com essas importações a partir de dados de importação e exportação da ANP (2019b). O volume de diesel adicional que seria importado foi multiplicado pelo valor médio em US\$ (FOB) do metro cúbico de diesel importado em cada ano. A Tabela 15 apresenta esses resultados.

Tabela 15 - Relação de quantidade e valor referente à importação real de diesel por ano entre 2008 e 2018 e respectivas quantidades e dispêndios com diesel adicional.

Ano	Óleo diesel importado		Diesel adicional	Economia
	Milhões de m³	Milhões de US\$FOB	Milhões de m³	Milhões de US\$ FOB
2008	5,83	5.140,94	1,09	961,17
2009	3,52	1.672,50	1,50	712,71
2010	9,01	5.131,08	2,23	1.269,96
2011	9,33	7.421,94	2,50	1.988,73
2012	7,97	6.573,72	2,54	2.095,01
2013	10,28	8.284,79	2,72	2.192,08
2014	11,28	8.724,82	3,20	2.475,13
2015	6,94	3.415,15	3,68	1.810,92
2016	7,92	2.896,82	3,55	1.298,45
2017	12,96	5.622,45	4,01	1.739,66
2018	11,65	6.294,02	5,00	2.701,30
Período	96,69	61.178,23	32,02	19.245,12

Valores de dólar corrente. Fonte: Elaboração própria com base em ANP (2019a e 2019b).

Nesse caso, a opção de inserir o biodiesel na matriz de transportes brasileira gerou uma economia referente a redução da importação de diesel, equivalente a 19,2 bilhões de dólares no período de 2008 a 2018, valor semelhante ao dispêndio com toda importação de diesel entre 2015 e 2018. No entanto, também é importante ponderar nessa relação os custos com importação de metanol para produção de biodiesel (RATHMANN, SZKLO e SCHAEFFER, 2012) e da receita com exportação de glicerol, subproduto da transesterificação. No intuito de obter uma estimativa da contribuição do biodiesel nesse cenário de comércio exterior, foi considerada a rota metílica para produção de biodiesel nacional, contando com a importação desse insumo e exportação do subproduto glicerol na sua forma bruta.

As quantidades e os valores gastos com a importação total de metanol pelo Brasil e com a exportação de glicerol bruto entre 2008 e 2018 foram extraídos do Portal de dados estatísticos do Comércio Exterior brasileiro, ComexStat. Os dados específicos da quantidade de metanol anual utilizada para produção biodiesel constam no Balanço Energético Nacional (EPE, 2019b) que também considera a rota metílica para efeitos de cálculo. A Figura 16 mostra a evolução das importações de metanol utilizado na produção de biodiesel e o dispêndio anual com esse comércio.

Figura 16 - Evolução das quantidades e valores referentes à importação de metanol para produção de biodiesel.

Fonte: elaboração própria com base em ANP (2019b), EPE (2019b) e ComexStat (2020).

A importação de metanol para produção de biodiesel, no geral, também é crescente acompanhando o crescimento da demanda por biodiesel com o aumento da porcentagem de mistura ao diesel. Em 2016 houve uma queda nessa importação evidenciando reflexos da crise econômica e política no país, também observados nos resultados da importação de óleo diesel. Com relação ao custo dessa importação, os valores encontrados têm conexão com a dinâmica dos preços no mercado externo. Um comportamento semelhante também pode ser observado na comparação com os valores da exportação de glicerol bruto, conforme o gráfico da Figura 17.

Figura 17 - Evolução das exportações de glicerol bruto e importações de metanol para biodiesel em Milhões de US\$ FOB.

Fonte: elaboração própria com base em ANP (2019b), EPE (2019b) e ComexStat (2020).

A Tabela 16 reúne os valores resultantes da economia brasileira considerando a redução das importações de diesel, importação de metanol para produção de biodiesel e exportação de glicerol bruto. A obtenção desse glicerol consiste em um subproduto da indústria do biodiesel, que pode ainda ser refinado e ser exportado com maior valor agregado (EPE, 2018).

Tabela 16 – Economia referente à redução das importações de diesel, dispêndios com importação de metanol e receita com exportação de glicerol bruto entre 2008 e 2018.

Ano	Redução das importações de diesel (Milhões US\$ FOB)	Importação de metanol (Milhões US\$ FOB)	Exportação de glicerol bruto (Milhões US\$ FOB)	Economia final (Milhões US\$ FOB)
2008	961,33	54,58	11,87	918,62
2009	714,78	31,73	12,06	695,12
2010	1.269,70	67,86	22,71	1.224,55
2011	1.985,16	87,97	41,84	1.939,03
2012	2.093,33	93,96	46,18	2.045,55
2013	2.195,32	116,68	63,45	2.142,09
2014	2.473,27	137,75	57,95	2.393,47
2015	1.809,54	119,27	50,76	1.741,03
2016	1.298,83	61,21	33,20	1.270,83
2017	1.739,39	116,14	66,34	1.689,59
2018	2.699,54	192,32	97,79	2.605,01
Período	19.240,19	1.079,47	504,15	18.664,89

Fonte: elaboração própria com base em ANP (2019b), EPE (2019b) e ComexStat (2020).

Com isso, a partir da consideração desses fatores do comércio internacional do Brasil, os custos com importação de metanol ultrapassam a receita com exportação de glicerol. No entanto, a inserção do biodiesel na matriz de transportes representou ainda uma economia de 18,6 bilhões de dólares no período de 2008 a 2018.

No mercado interno, os resultados do biodiesel podem ser analisados a partir da evolução dos preços do biodiesel nos leilões e do óleo de soja, matéria-prima principal para produção do biodiesel. A relação do preço do biodiesel e do diesel para o consumidor final também foi considerado nessa avaliação econômica. Para efeitos de comparação, a Figura 18 mostra a evolução dos preços desses produtos entre 2008 e 2018. Os preços do óleo de soja são referentes ao praticado no mercado interno, os preços do biodiesel são os resultados médios dos leilões. Os preços do diesel na refinaria e do preço ao consumidor final também foram considerados.

Figura 18 - Evolução dos preços do diesel na refinaria, diesel para o consumidor final, óleo de soja e biodiesel entre 2008 e 2018.

Óleo de soja - São Paulo - R\$/t - com ICMS de 12%. Densidade do óleo de soja: 920 kg/m³. Preço do diesel na refinaria sem ICMS. Fonte: elaboração própria com base em ANP (2019a), ANP (2018a) e ABIOVE (2019).

Essa comparação mostrou que os preços do biodiesel nos leilões acompanham o padrão dos preços do óleo de soja. Esse fator era esperado pois os Preços Máximos de Referência para os lances nos leilões, calculados pela ANP, são vinculados ao preço dessa matéria-prima (RICO e SAUER, 2015). Entretanto, entre 2017 e 2018, o preço do óleo

de soja caiu enquanto que o preço médio do biodiesel nos leilões aumentou. Isso tem relação com a lógica das etapas dos leilões do biodiesel que permite que as distribuidoras escolham de qual usina querem arrematar. A preferência por usinas específicas levou ao aumento do preço médio do biodiesel nos leilões em 2018. Essa pauta foi levantada por representantes do setor que defendem a necessidade de uma reforma nas regras de comercialização do biodiesel (VEDANA, 2018).

A partir de 2002, o mercado de derivados passou a ser livre, no entanto como a Petrobras domina boa parte da cadeia de produção e transporte no país, a empresa determina os preços de combustíveis no mercado interno. A Petrobras praticou preços internos inferiores aos do mercado externo, principalmente a partir de 2011 e final de 2014, anos que o governo federal concedeu reduções fiscais à gasolina e ao diesel (ALMEIDA, OLIVEIRA E LOSEKANN, 2015).

A ideia era reajustar os preços na refinaria sem repassar o custo ao consumidor final em períodos de alta nos preços internacionais do petróleo (ALMEIDA, OLIVEIRA E LOSEKANN, 2015). Com isso, foi verificada maior estabilidade dos preços até 2011 e entre 2015 e 2017. Em 2018, a política de liberalização dos preços da Petrobras levou ao aumento do custo dos combustíveis para consumidor final, culminando na mobilização da categoria e greve dos caminhoneiros.

Outra observação é que o biodiesel foi mais caro que o diesel na refinaria em todo o período analisado. O preço do diesel na refinaria é a principal parcela do preço final do diesel pago pelo consumidor, cerca de 50%. O biodiesel representava 5%, os fretes, 2%, tributos, 20% e a margem de lucro dos revendedores, 14% (ALMEIDA, OLIVEIRA E LOSEKANN, 2015). Embora o biodiesel represente uma parcela pequena no preço do diesel, valores elevados no leilão, como em 2018, contribuem para o aumento do preço do diesel ao consumidor final.

A desregulamentação da cadeia de produção e comercialização do biodiesel está no debate atual, principalmente com relação ao Plano de desinvestimento da Petrobras e a venda das suas refinarias. A Petrobras pode deixar de operar os leilões do biodiesel e, com isso, surge a oportunidade de aprimorar os mecanismos de comercialização. Entretanto, vale ressaltar a importância dos leilões para garantia do abastecimento, previsibilidade, transparência e qualidade do combustível (UBRABIO, 2020).

Nesse cenário, os preços do biodiesel nos leilões tiveram comportamento semelhante ao do óleo de soja, evidenciando a relação entre esses dois mercados. Considerando que a maioria das grandes empresas produtoras de biodiesel são também

do ramo de produtos alimentícios e de óleos vegetais, o custo da matéria-prima dentro das estruturas dessas empresas tende a ser inferior ao preço do óleo de soja no mercado interno, possibilitando uma margem de lucro maior no mercado de biodiesel. Essa tese corrobora com o que foi apontado na análise da dimensão tecnológica sobre a concentração de mercado por usinas de grande porte de empresas já inseridas nos mercados de óleos vegetais e farelo de soja.

Com isso, enquanto a produção de biodiesel for vantajosa economicamente para esses produtores, a garantia do suprimento desse biocombustível tendo a ser mantida, bem como o atendimento da demanda para a mistura compulsória. Em relação à segurança do abastecimento e os preços praticados, a Política de biodiesel brasileira estabeleceu uma cadeia produtiva segura. Todavia, a diversificação das matérias-primas para a produção de biodiesel não foi um aspecto que evoluiu ou conduziu o programa, pois a estrutura foi baseada no agronegócio da soja que é bem estabelecido no país.

Por fim, foi possível verificar que a adoção da mistura compulsória de biodiesel em proporções que cresceram ao longo dos anos contribuiu positivamente reduzindo a demanda nacional por importação de diesel, embora o país ainda se mantenha dependente da importação de diesel de petróleo. A matriz energética do setor de transportes permaneceu tendo o diesel como principal combustível e, nesse contexto, o biodiesel tem um papel importante como o equivalente renovável do diesel para descarbonização do setor, mesmo não sendo uma solução disruptiva, como a eletrificação da frota de veículos.

Assim, em tempos de novos impulsos para o setor de biocombustíveis com o RenovaBio e as vantagens econômicas apresentadas com a redução das importações de diesel e da dependência externa de combustível, a opção por construir e fortalecer a cadeia de produção do biodiesel no país foi uma estratégia bem-sucedida. Entretanto, como se trata de política pública, é preciso rever as estruturas dessa cadeia e implementar mecanismos para promover a entrada de novas matérias-primas.

A soja tende a permanecer como a matéria-prima mais utilizada para produção de biodiesel e isso se mostrou um fator importante para garantia do suprimento a preços competitivos, considerando a vantagem brasileira de ser o segundo maior produtor de soja do mundo.

A relações econômicas tratadas nesse trabalho trouxeram uma visão geral de algumas questões do biodiesel no mercado interno e externo, porém outros aspectos são relevantes para compreender os resultados do PNPB e melhor orientar os caminhos para essa política no campo econômico. Com isso, é uma análise limitada a alguns critérios

adotados, mas que permitiram entender pontos coerentes com os objetivos e diretrizes do PNPB e aspectos que precisam de atenção, principalmente no cenário previsto de continuidade da política.

6.3. Dimensão social

A inclusão social e o desenvolvimento regional, como vistos anteriormente, foram pilares do PNPB desde o início da formulação dessa política pública. Dentre os objetivos do Programa estavam a inserção de produtos da agricultura familiar na cadeia produtiva do biodiesel, com destaque para o fortalecimento do semiárido e da região Nordeste do Brasil. Nesse sentido, foi criado o Selo Combustível Social, um mecanismo que certifica produtores de biodiesel que adquirem produtos da agricultura familiar e fornecem assistência técnica aos agricultores, em contrapartida, recebem incentivos fiscais e preferência no leilão do biodiesel.

Com a finalidade de compreender o impacto do biodiesel na dimensão social, foi avaliada a evolução do número de famílias de agricultores beneficiadas pelo programa. O contexto regional e o tipo de matéria-prima oferecida pelos agricultores ao longo dos anos também são importantes para a discussão dos impactos nessa esfera, bem como do distanciamento dos resultados da política com relação aos objetivos iniciais. Na literatura foram encontradas menções referentes as metas do governo para inclusão social, 200 mil famílias de agricultores familiares (BOSI, 2015; PEDROTI, 2013) ou ainda 250 mil (AMARAL e ABREU, 2016). No entanto esses números já não se encontram mais nas informações dos objetivos do programa, permanecendo apenas linhas gerais sobre a inclusão da agricultura familiar, conforme visto na seção 3.2.

A evolução do número de famílias incluídas no PNPB, apresentada na Figura 19, mostra que 2010 e 2011 foram os anos com mais famílias incluídas, cerca de 100 mil. Os números dessa inclusão caíram nos anos seguintes, reduzindo para 59,9 mil famílias em 2017.

Figura 19 - Evolução do número de famílias incluídas no PNPB.

Fonte: elaboração própria com base em MAPA (2017).

Além disso, é possível identificar que a partir de 2011 a presença das famílias do Sul do país representava mais da metade do total de famílias das cinco regiões. Em 2017, as famílias do Sul representaram 92% do total, enquanto que as famílias nordestinas tiveram participação reduzida no Programa, de 41% em 2010 para 0,81% em 2017. Um dado importante nesse contexto foi a ocorrência da seca prolongada, entre 2011 e 2013, a mais crítica dos últimos 50 anos no Nordeste. Com isso, muitos agricultores familiares não conseguiram entregar as quantidades acordadas forçando os usineiros a reverem os arranjos comerciais na região (MUR CASTRO, 2019).

Uma importante mudança nas regras do SCS para entender os reflexos do PNPB na inclusão das famílias foi determinada pela Instrução Normativa (IN) do MDA nº1 de 2009. Essa IN possibilitou que o usineiro 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 matéria-prima da agricultura familiar para obtenção do selo, melhorando a situação para os usineiros (FREITAS, S; MARTINS, 2012b).

Com relação à participação de cooperativas nas vendas de produtos da agricultura familiar, uma cooperativa habilitada nos arranjos do SCS até 2018 apresentava a DAP (Declaração de Aptidão ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar, PRONAF) jurídica, sendo que para ter essa declaração é necessário que no mínimo 50% + 1 dos membros possuam DAP Física ativa. A partir da safra 2019/2020, a Portaria nº 144, de 22 de julho de 2019 do MAPA, alterou esse critério. Desse modo,

uma cooperativa de agricultores pode ser habilitada com a comprovação que entre os membros existem portadores de DAP física, sem restrição quanto ao número mínimo de agricultores com essa declaração.

A justificativa é que a medida pode aumentar o número de agricultores familiares beneficiados pelo PNPB por estarem associados a cooperativas, que não cumprem o requisito mínimo para obtenção da DAP jurídica. No entanto, isso pode intensificar a disparidade regional dentro do PNPB. A região Sul apresenta o maior número de cooperativas agropecuárias, pela tradição e o histórico de ocupação do solo já vistos nesse trabalho, enquanto que o Norte e o Nordeste são as regiões com mais agricultores familiares com DAP física e, ao mesmo tempo, com menor número de cooperativas (IBGE, 2017). Assim, essa alteração tende a aumentar ainda mais a participação da região Sul nas vendas através de cooperativas que passam a ser habilitadas após essa alteração. A evolução do número de cooperativas fornecedoras de produtos para as usinas de biodiesel com SCS está apresentado na Figura 20.

Figura 20 - Evolução do número de cooperativas fornecedoras de matéria-prima no PNPB.

Fonte: elaboração própria com base em MAPA (2017).

A quantidade de cooperativas da região Sul fornecedoras de matérias-primas nos arranjos do SCS foi maior que 50% do total de cooperativas das cinco regiões, desde 2008. Com a alteração nas regras para habilitar as cooperativas, a predominância da região Sul tende a se intensificar nesse contexto por ser a região com o maior número de cooperativas agroindustriais e que, tradicionalmente, é mais estabelecida e competitiva

nesse mercado. Ao longo dos anos foi possível observar o aumento do volume de matéria-prima comercializada nos arranjos do SCS, conforme pode ser observado na Figura 21.

Figura 21 - Evolução do volume de matéria-prima adquirida nos arranjos do SCS.

Fonte: elaboração própria com base em MAPA (2017).

A maior parte desse volume (75%, em 2018) foi oriundo de cooperativas habilitadas para comercialização com produtores de biodiesel certificados, o restante correspondeu a aquisições individuais, ou seja, venda direta com as famílias de agricultores.

Vale ressaltar que o PIB brasileiro terminou o ano de 2016 em retração devido a propagação da crise econômica e política, sofrendo impactos das medidas adotadas pelo governo como ajuste fiscal, elevação da taxa de juros e desvalorização do Real (ESPÍNDOLA, 2019 e CARVALHO, 2018). Esses fatos contribuíram para reduzir o crescimento econômico de setores como agropecuária, indústria e serviços que também refletiram na redução do consumo de diesel no país e na aquisição de matéria-prima para produção de biodiesel observada entre 2015 e 2017.

Com o aumento do volume de matéria-prima comercializado nos arranjos do SCS, também houve crescimento na arrecadação total das famílias beneficiadas pelo PNPB. Em 2008, o valor associado as vendas da agricultura familiar aos produtores de biodiesel foi de R\$ 141,60 Milhões, crescendo para R\$1,23 bilhões em 2016. Em 2017 a arrecadação caiu para R\$ 859,82 Milhões (MAPA, 2017). A partir da arrecadação anual,

em termos de aquisições individuais, e do número de famílias contempladas no Programa, foi possível encontrar a média de arrecadação anual por família com essas vendas, como é apresentado no Figura 22.

Figura 22 - Evolução da arrecadação anual média por família (R\$/família) incluída no PNPB

Fonte: elaboração própria com base em MAPA (2017).

A arrecadação por família aumentou cerca de 5,3 vezes entre 2010 e 2016. Em 2017, a arrecadação também caiu em relação ao ano anterior devido a redução do volume vendido e do volume de biodiesel produzido em tempos de crise econômica. Como o volume de matéria-prima e número de famílias associadas é maior na região Sul, a maior parte da renda gerada também é destinada à essa região. Em 2017, a arrecadação das famílias da região Sul representou 60% do total das aquisições individuais.

Entretanto, a arrecadação anual por família incluída no PNPB no Estado da Bahia, região Nordeste, foi cerca de 30 mil reais, enquanto que no Estado do Rio Grande do Sul, região Sul, a arrecadação em 2017 foi de 11 mil reais por família (MAPA,2017). Com isso, é possível verificar que o PNPB pode ser um diferencial importante para as famílias nordestinas, mesmo que o número de famílias incluídas seja muito menor que na região Sul. O aumento da renda familiar é uma forma de melhorar a qualidade de vida e reduzir a pobreza da população, com isso, o Programa pode contribuir diretamente com os ODS. É preciso entender as características locais para promoção da inclusão das famílias no PNPB e melhorar os mecanismos regionais do SCS, dada a realidade desigual do Brasil.

A maior parte da matéria-prima oriunda da agricultura familiar em 2017, no escopo do PNPB, foi de grãos de soja, sendo 3.023.530 toneladas de um total de 3.055.930. A Tabela 17 apresenta as quantidades e valores associados ao fornecimento por tipo de matéria-prima e por região no ano de 2017.

Tabela 17 - Quantidade adquirida da agricultura familiar e valor da arrecadação no PNPB por região e produto em 2017.

Região	Quantidade (toneladas)	Valor (Milhões R\$)
Norte	Sebo bovino; 540	6,41
	Soja; 1.900	
Nordeste	Coco; 6.090	72,25
	Mamona; 2.900	
	Óleo de Dendê; 80	
	Óleo de peixe; 10	
	Soja; 44.430	
Sudeste	Soja; 42.140	46,73
Centro-Oeste	Soja; 372.970	407,24
Sul	Óleo de frango; 3.000	2.970,00
	Óleo de soja; 19.780	
	Soja; 2.562.090	
Total	3.055.930	3.502,64

Fonte: elaboração própria com base em MAPA (2017).

Como pode ser verificado, a soja foi a matéria-prima predominante dentre os produtos da agricultura familiar destinados ao setor de biodiesel sendo 98% desse total em 2017. Em anos anteriores essa realidade também foi comprovada (BOSSI, 2015). As vantagens do cultivo da soja como a oleaginosa com cadeia produtiva mais desenvolvida no país e a existência da maioria das cooperativas de agricultores do PNPB na região Sul, segunda maior produtora de soja, são razões apontadas para explicar esse fenômeno (SILVA CÉSAR et al., 2019).

A formação de cooperativas facilita e reduz os custos para os agricultores (PEDROTI, 2013) e o histórico de ocupação do solo e de cooperativismo da região Sul fazem com que essa região seja mais competitiva e mais segura com relação ao cumprimento do contrato com os produtores de biodiesel. Nesse contexto, produtores de biodiesel ainda pagam uma espécie de “bônus social” para cooperativas que entregam a quantidade acordada, revertendo parte do incentivo fiscal que recebem do governo por

serem certificados com o SCS. Esse bônus foi negociado por meio da Federação Nacional dos Trabalhadores Agrícolas Familiares da Região Sul do Brasil (Fetraf-Sul) e Federação dos Trabalhadores Agrícolas do Estado do Rio Grande do Sul (Fetag-RS), sendo praticado nessa região por alguns produtores (SILVA CÉSAR et al., 2019).

Além das cooperativas que conseguem reduzir os custos de produção e facilitar a logística e as vendas dos agricultores, as associações que representam os interesses desses são pressões importantes nas negociações, como a citada implementação do bônus social por intermédio da Fetraf-Sul. No Brasil, a Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB) representa a maioria das cooperativas no país, tem acesso à linhas de crédito para os seus membros e fornece capacitação, consultoria entre outros serviços (STATTMAN e MOL, 2014).

Na recente alteração do critério para habilitação das cooperativas para o PNPB, a OCB foi uma força importante nessa decisão e alegou que mais de 40 mil agricultores familiares seriam incluídos (OCB, 2019). Entretanto, a maioria dos membros da OCB estão na região Sul (STATTMAN E MOL, 2014), o que é mais um indício que a medida beneficiará os agricultores do Sul.

A FETRAF, por outro lado, é uma das organizações de cooperativas que seguem o modelo de *economia solidária*⁵, tendo concepções alinhadas à luta pela reforma agrária (STATTMAN e MOL, 2014) e, por consequência, apresentam menor prestígio diante das esferas econômicas e governamentais no país. A FETRAF - Sul foi fundada em 1997, reunindo os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná; posteriormente surgiram FETRAF em São Paulo, Mato Grosso do Sul, Bahia, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí, Pernambuco, Distrito Federal, Minas Gerais, Maranhão, Goiás, Pará, Mato Grosso, Tocantins e Paraíba (CONTRAF, 2020).

O maior nível de educação e formação dos agricultores da região Sul comparado as demais regiões, possibilita a eles um nível técnico e uma produtividade maior (NASCHE, 2012). Essa condição somada à infraestrutura da região, ao cooperativismo e a uma maior representação de seus interesses em pautas públicas e privadas, fazem dos agricultores familiares sulistas os mais beneficiados pelos mecanismos de inclusão social do PNPB.

Os dados disponíveis sobre assistência técnica mostraram que de 2010 a 2016 foi destinado um total de R\$ 252,67 Milhões para os agricultores familiares contemplados

⁵ Ver sessão 4.1

no Programa (MAPA, 2017). Embora, não tenha sido encontrada a distribuição desse valor por região, é possível inferir que a região Sul é a mais beneficiada por ter a maior participação nas vendas com SCS.

O modelo de cooperativismo adotado na região Sul é de difícil reprodução nas demais regiões pois é fruto de fatores locais e característicos do povo, do território e da produção da região. Vale lembrar que os movimentos dos trabalhadores rurais enfrentam resistência e violência por reivindicarem direitos fundiários e trabalhistas em um país com alta concentração de terras e injusta exploração dos trabalhadores do campo. Com isso, é preciso compreender as demandas locais e fornecer meios específicos para o desenvolvimento dos agricultores familiares e de suas associações (VEIGA, 2002). Segundo Abramovay e Magalhães (2007), a criação de novos mercados é importante para geração de renda aos agricultores, entretanto é preciso criar condições para que os mesmos possam participar de maneira competitiva no novo horizonte de mercado aberto a eles.

Em que pesem as atuais regras do SCS e suas alterações regulatórias promovidas ao longo dos anos, citadas na sessão 3.4, a inclusão de famílias, principalmente do Norte e do Nordeste, não foi favorecida na cadeia do biodiesel. Mesmo que o PNPB apresente critérios regionais diferentes para concessão do SCS, a região Sul é mais beneficiada pelo Programa.

Os dados de aquisição de matéria-prima da agricultura familiar por usina não são divulgados nem os custos de cada parcela que compõe o cálculo do percentual mínimo de aquisição para obtenção do SCS. Esse cálculo considera o custo anual com aquisição de matéria-prima da agricultura familiar e outros fatores como custo com insumos, maquinário, assistência técnica e análises químicas do solo disponibilizados aos agricultores familiares que comercializam suas matérias-primas com o produtor de biodiesel certificado, conforme diretrizes do MAPA para as regras atuais do SCS, Portaria Nº 144/2019.

Mesmo estimando esses outros custos é complexo obter a quantidade de matéria-prima da agricultura familiar que está presente na cadeia de biodiesel por meio da fórmula de percentual mínimo previsto para obtenção do selo, pois além da falta de dados com relação a cada parcela do custo por usina, cada produtor pode negociar com agricultores de mais de uma região a preços diferentes do praticado no mercado. Para o produtor de biodiesel é importante adquirir o selo mesmo que isso custe mais pois esse mecanismo garante poder de mercado e prioridade nos leilões (FREITAS e MARTINS, 2012a).

Com isso, a estimativa da participação da agricultura familiar na cadeia de biodiesel foi realizada com os dados de fornecimento de matéria-prima dos agricultores no balanço do SCS e não com base nos custos anuais de cada produtor para obtenção do SCS. Como a soja é a principal matéria-prima, essa estimativa foi realizada para o volume de biodiesel proveniente da soja. Os dados do complexo industrial da soja no Brasil constam na Tabela 18.

Tabela 18 – Dados do complexo da soja brasileiro. Valores em milhões de toneladas

Complexo da soja	Milhões de toneladas
Produção	113,8
Processamento	41,8
Farelo obtido	31,6
Óleo obtido	8,4
Consumo de óleo de soja para biodiesel	2,8

Fonte: adaptado de EPE (2018).

A etapa de esmagamento da soja em escala industrial produz óleo e farelo em proporções próximas a 20% e 80%, respectivamente (LEMOS et al, 2017). A partir dos valores da tabela os rendimentos foram semelhantes, a obtenção de óleo de soja equivale a 20% do total de soja processada e, a produção de farelo, a 75%. É possível assumir que o rendimento desse processo industrial sofre poucas variações, já que é consolidado na indústria nacional.

Assim, do total de biodiesel produzido em 2017 que foi igual a 4,2 bilhões de litros, 70% é biodiesel de soja (EPE, 2018), ou seja, 2,9 bilhões de litros, o equivalente a 2,5 Milhões de toneladas⁶. Para a produção dessa quantidade de biodiesel, foram utilizados 2,8 Milhões de toneladas de óleo de soja, conforme indicado na tabela acima. Sendo assim, estimou-se que foram utilizadas 14 Milhões de toneladas de soja em grãos, com base nos rendimentos do complexo industrial da soja no país; desse total, 3,02 Milhões de toneladas foram oriundas das vendas de grãos de soja nos arranjos do SCS. Em termos de aquisições realizadas diretamente com as famílias de agricultores, o total foi de 790 mil toneladas de grãos de soja. A Tabela 19 relaciona esses valores com as médias dos preços respectivos do grão de soja, óleo e farelo no mercado interno e do biodiesel nos leilões de 2017.

⁶ Densidade do biodiesel considerada foi de 0,85kg/m³ com base nas especificações da ANP para o biodiesel (Resolução 14/2014.)

Tabela 19 - Quantidades e valores médios por produto do processamento da soja em 2017.

Produto	Quantidade (Milhões de t)	Valor (R\$/t)	Arrecadação (Milhões de R\$)
Biodiesel	2,50	2.770,43	9.890,43
Óleo de soja	2,80	2.698,66	7.556,26
Farelo	10,64	954,64	10.157,39
Grão de soja para produção de biodiesel	14,00	1.093,73	15.312,20
Grão de soja da Agricultura familiar (Aquisição Individual)	0,79	1.083,18	855,33
Grão de soja da Agricultura familiar (Total)	3,02	1.130,19	3.417,15

Fonte: elaboração própria com base em Abiove (2019), ANP (2019a), MAPA (2017) e EPE (2018).

Com base na tabela, depreende-se que a soja adquirida por meio do SCS representou 21,5% do total de grãos de soja utilizados para produção de biodiesel de soja no ano de 2017, assumindo que a soja da agricultura familiar também é processada no complexo agroindustrial dessa oleaginosa. Porém, a maior parte dessa venda vem de cooperativas habilitadas, as quais podem ter um percentual de membros que não são agricultores familiares. Assim, é possível afirmar que apenas 5,6% da soja na cadeia do biodiesel de soja é da agricultura familiar, considerando as vendas diretas pelas famílias. Esses resultados reiteram que a agricultura familiar está incluída na cadeia do biodiesel, entretanto a soja oriunda do agronegócio consiste na maior parcela.

A soja da agricultura familiar foi inserida na cadeia do biodiesel apresentando um custo em Reais/tonelada próximo ao da soja no mercado interno. Isso mostra que a produção de soja da agricultura familiar é competitiva e indica que, na atual conjuntura econômica e regulatória, para que outra matéria-prima possa ter mais destaque nesse mercado seria necessário que seu custo por tonelada também fosse competitivo.

Outra observação é que a aquisição da tonelada do grão de soja do agronegócio representou 40% do preço da tonelada de biodiesel vendido em leilão. No caso do produtor de biodiesel que também está inserido no mercado de produção de alimentos, como óleos vegetais, o dispêndio com matéria-prima, óleo de soja, é menor comparado ao produtor que adquire o óleo de soja no mercado de óleos vegetais. Isso favorece empresas que são do ramo de processamento da soja a adentrarem no mercado de biodiesel, corroborando com os resultados encontrados em Moreno-Pérez, Marcossi e

Ortiz-Miranda (2017). Essas empresas estão basicamente concentradas nas regiões que mais produzem soja, Centro-Oeste e Sul, pela proximidade com a matéria-prima (FREITAS E MARTINS, 2012a).

Além disso, a empresa que processa a soja também lucra com a venda do farelo, largamente utilizado no preparo de ração animal, um mercado também relevante no contexto brasileiro (LEMOS et al., 2017; SILVA CÉSAR et al., 2019). Contudo, no mercado externo, a tendência brasileira está sendo de exportar mais soja em grão em detrimento do óleo e do farelo, que são produtos processados. Economicamente foi mais vantajoso exportar grão, considerando incentivos internos à exportação, como isenções, e externos, como tarifas chinesas menores para produtos de menor valor agregado. A China é o país que mais importa a soja brasileira. (LEMOS et al., 2017).

A relação dos custos com a produção e venda do biodiesel depende então da oscilação dos preços do óleo de soja. O biodiesel tende a perder mercado para o diesel quando os preços dos óleos vegetais estão em alta (RICO, 2013). Com isso, o aumento da porcentagem obrigatória da mistura de biodiesel no diesel precisa estar de acordo com os preços dos óleos vegetais para garantia de suprimento a preços competitivos no mercado de combustíveis. Lembrando que esse aspecto também está presente nas diretrizes do Programa, além da inclusão social.

Sendo assim, no que tange à dimensão social, o arranjo político e institucional do PNPB e as alterações nas regras dos leilões e do SCS ao longo dos anos, discutidas anteriormente, foram ineficientes para aumentar o número de famílias beneficiadas a partir de 2011. Todavia, as vendas de matéria-prima oriunda da agricultura familiar, em termos de volume vendido e arrecadação total e por família aumentaram. Isso demonstra que o PNPB gera renda para as famílias associadas. No entanto, essas vendas são, majoritariamente, de grãos de soja provenientes de famílias da região Sul.

Esses resultados atestam uma ineficiência do SCS na inclusão da agricultura familiar, principalmente do Norte, Nordeste e semiárido na cadeia do biodiesel e na diversificação das matérias-primas adquiridas dos agricultores familiares do país. O grau de cooperativismo do Sul e as vantagens competitivas da soja nessa região ajudam a explicar a predominância dessa oleaginosa nas vendas para o Programa.

Cabe, portanto, compreender que, com a atual conjuntura regulatória do PNPB, os resultados para inclusão social e desenvolvimento regional não tendem a melhorar o desempenho do SCS para os próximos anos. Por isso, é preciso rever os objetivos dessa

política pública com relação a dimensão social ou aprimorar os mecanismos de inclusão adotados.

O biodiesel, por ser um energético que pode ser obtido de matérias-primas locais, inclusive resíduos, tem um potencial de desenvolvimento em comunidades. Moecke et al. (2016) descreveram a importância que o biodiesel de óleo residual de fritura tem na comunidade pesqueira da Praia de Pinheira (SC). Uma usina de biodiesel foi instalada na região operando com óleo coletado dos restaurantes e domicílios locais e, o biocombustível obtido abastece barcos de pesca artesanal e veículos da coleta do óleo. O preço do combustível para os pescadores é um limitante a medida que baratear esse custo permite a manutenção dessa atividade e das famílias de pescadores, além de gerar renda para os associados que operam a usina.

Tratores e máquinas agrícolas também podem ser abastecidos com misturas de biodiesel complementares a porcentagem obrigatória. A COOPER FELIZ na cidade de Feliz Natal (GO) é uma usina que negocia o biodiesel a preços vantajosos com os agricultores familiares que fornecem a matéria-prima, reduzindo o custo com combustível do maquinário utilizado no cultivo da soja⁷. O uso da biomassa local em benefício da comunidade possibilita a geração de emprego, renda e formação de nichos de desenvolvimento, cooperação e diminuição da vulnerabilidade (ROESLER e HASSLER, 2019). Nos exemplos citados, o biodiesel ajuda o fortalecimento de comunidades em sistemas paralelos a grande cadeia nacional de comercialização do biodiesel, contribuindo com a promoção de alguns dos ODS.

A experiência do PNPB na dimensão social mostrou que é possível incluir os agricultores familiares em cadeias produtivas e gerar renda para famílias, porém na contramão da iniciativa, essa política não reduziu as disparidades regionais, favorecendo produtores rurais e matérias-primas que já apresentavam condições competitivas nessa cadeia. Com isso, é preciso atentar para estratégias em nível local que atendam às necessidades dos produtores.

As linhas de crédito e a assistência técnica se mostraram eficientes na melhoria da produtividade dos agricultores familiares (SILVA CÉSAR et al., 2019; BOSI, 2015; STATTMAN e MOL, 2014). Ademais, o investimento em educação e formação dos agricultores, principalmente do Norte e Nordeste, foi apontado como diretriz para

⁷ Informação oral durante evento “Desafios e oportunidades para o setor de combustíveis”, 16 de abril de 2019 no Auditório da Folha - Alameda Barão de Limeira 425, Campos Elíseos - São Paulo/SP por Luiz Tomaz Dionisio, diretor da COOPERFELIZ.

políticas públicas nessa área, pois populações com maior nível de instrução tendem a aproveitar melhor os recursos naturais e reduzir, com isso, seus índices de desigualdades (NASCHE, 2012). Outra frente de atuação complementar seria promover o cooperativismo entre agricultores familiares nessas regiões e das associações que os representam afim de torná-los mais competitivos e fortalecidos nesse mercado, respeitando as demandas e fatores locais para a promoção do desenvolvimento endógeno que diferem da região Sul.

6.4. Dimensão ambiental

O Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), elaborado pelo Observatório do Clima, publica estimativas anuais das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEEs) no Brasil. O cálculo das emissões segue diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e a metodologia dos Inventários Brasileiros de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa, elaborado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Nesse trabalho, a dimensão ambiental se restringiu à contribuição do uso do biodiesel em termos de emissões de CO₂eq evitadas para avaliar a relevância do PNPB para descarbonização do setor de transportes brasileiro.

Em 2018, as emissões com relação às mudanças de uso da terra totalizaram 845 MtCO₂eq (44% das emissões totais) sobretudo em razão do desmatamento na Amazônia e no Cerrado. Na sequência, a agropecuária contribuiu com 492 MtCO₂eq, 25% das emissões, seguida pelo setor de energia, que inclui a queima de combustíveis fósseis e a geração de eletricidade, com 408 MtCO₂eq, ou seja, 23%. Considerando apenas o setor de transportes, incluído no setor de energia, as emissões foram estimadas em 200 MtCO₂eq (SEEG, 2019a). Para efeito de comparação, o Balanço Energético Nacional (BEN), elaborado pela EPE, não considera os valores das emissões relacionadas ao desmatamento e queimadas, estimando o total das emissões brasileiras no ano de 2018 em 416,1 MtCO₂eq. Nesse cálculo, o setor de transportes é responsável por 192,7 MtCO₂eq, ou seja, 46%. (EPE, 2019c).

O SEEG é uma plataforma que permite a análise das emissões por setor e a aplicação de filtros que especificam ainda mais os resultados. Desse modo, foi possível exportar os dados de emissões do setor de energia entre os anos 2000 e 2018 restritos à queima de combustíveis fósseis e utilizando alguns filtros. Foram selecionadas as opções

de transporte com diesel de petróleo nos modais ferroviário, rodoviário e aquaviário e por categoria de veículos, como pode ser observado na Figura 23.

Figura 23 - Evolução das emissões do setor de transportes considerando o uso do diesel nos modais rodoviário, hidroviário e ferroviário entre 2000 e 2018.

Fonte: elaboração própria com base nos dados da Plataforma SEEG (2019b).

Desse modo, os caminhões representam a principal fonte emissora no setor de transportes. Há de se considerar a predominância do modal rodoviário no país, 65% do transporte de carga no Brasil é feito por rodovias (SEEG, 2019a). Essa configuração reforça a importância do óleo diesel no consumo energético do setor de transportes e nas emissões de GEEs relacionadas à queima de combustíveis. Embora a quantidade de automóveis seja superior às demais categorias, a circulação de caminhões contribui com maiores emissões (IEMA, 2015).

Com o advento dos veículos *flex fuel* em 2003, o consumo de etanol hidratado passou a crescer a taxas mais elevadas. No entanto, no período de 2009 a 2012, o etanol hidratado perdeu competitividade em relação à gasolina C, ambos utilizados em veículos leves, como representado na Figura 24.

Figura 24 - Evolução das vendas nas distribuidoras de combustível (2008 a 2018)

Fonte: elaboração própria com base em ANP (2018 e 2019a).

A redução das vendas do etanol hidratado entre 2009 e 2012 se deu em razão dos elevados preços internacionais do açúcar, que culminaram na redução de investimentos no setor, perda de produtividade agrícola e a política do governo federal para conter a inflação e a volatilidade dos preços internacionais (IEMA, 2015). Em junho de 2012, o preço da gasolina na refinaria foi reajustado pela Petrobras. Com a finalidade de balancear o aumento do preço para o consumidor final, o governo reduziu a zero a alíquota da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (Cide) que incide sobre os preços do diesel e da gasolina. Essa desoneração desequilibrou a competitividade do etanol e estimulou o consumo de gasolina, inibindo os investimentos no setor de etanol (CARVALHO, 2018).

Com isso, foi observado um aumento das vendas de diesel e gasolina até 2014, ano em que também foi atingido o pico das emissões, conforme visto na Figura 23. As emissões são reduzidas a partir de então devido à recessão na economia e redução das vendas de combustível. Entretanto, em 2018, o consumo de etanol voltou a aumentar pois houve uma mudança na dinâmica de preços entre o álcool e a gasolina. A elevação da obrigatoriedade de mistura do biodiesel ao diesel para 10% (B10) também elevou o consumo desse biocombustível. Devido ao aumento da participação dos biocombustíveis, as emissões do setor de transportes caíram 5% em relação a 2017 (SEEG, 2019a).

A estimativa de emissões obtida pela SEEG foi utilizada para contextualizar o setor de transportes brasileiro e demonstrar a contribuição do modal rodoviário e da

categoria dos caminhões nessas emissões. Entretanto não é possível verificar a contribuição do biodiesel separadamente por essa plataforma.

A estimativa do SEEG é semelhante ao publicado pela EPE para o setor de transportes; a diferença entre a primeira e a segunda foi de 7,3 MtCO₂eq para o ano de 2018. Devido a indisponibilidade dos dados das emissões pelo uso do biodiesel especificamente na Plataforma SEEG, optou-se por utilizar a estimativa da EPE que publica anualmente um relatório focado nos biocombustíveis. A contribuição do biodiesel em termos de emissões evitadas para o ano de 2018 foi de 15 MtCO₂eq, conforme apresentado na Figura 25.

Figura 25 - Emissões evitadas por tipo de biocombustível no Brasil em 2018.

Fonte: EPE (2018).

No intuito de quantificar a redução das emissões pelo uso do biodiesel no setor de transporte brasileiro, os dados das emissões evitadas foram visitados ano a ano na publicação da EPE para os biocombustíveis. O relatório de 2012 foi o primeiro que apresentou essa informação e, com isso, foram reunidos os dados de 2012 a 2018 na Tabela 20.

Tabela 20 - Emissões evitadas por ano pelo uso de biodiesel entre 2012 e 2018 e evolução do percentual de mistura de biodiesel.

Ano	Emissões evitadas (MtCO ₂ eq)	Percentual de mistura de Biodiesel
2012	7,1	Desde janeiro de 2010 - 5%
2013	7,1	Desde janeiro de 2010 - 5%
2014	8,3	De agosto a outubro de 2014 - 6%
2015	9,6	Desde novembro de 2014 - 7%
2016	9,2	Desde novembro de 2014 - 7%
2017	10,4	Desde novembro de 2014 - 7%
2018	15,0	Desde março de 2015 - 10%
2012 -2018	66,7	Aumento gradual de 5% para 10%

Fonte: elaboração própria com base em EPE (2018, 2017, 2016, 2015, 2014, 2013, 2012).

O resultado mostrou que a emissão de 66,7 MtCO₂eq foram evitadas por meio do PNPB e do aumento gradual da porcentagem de mistura de biodiesel no diesel entre 2012 e 2018. A contribuição do biodiesel tende a ser maior, em termos de emissões evitadas, com o aumento do percentual de mistura. O único ano que a redução das emissões foi menor que o ano anterior foi em 2016, ano que não houve aumento da porcentagem de mistura e o país passava por um contexto de recessão que implicou em uma redução no consumo de diesel no país. Após 2014, as emissões totais do transporte caíram, sendo que 2016 foi o ano com as menores emissões nesse setor, retomando o que foi apresentado anteriormente.

Em publicação do MAPA (2013) sobre os benefícios ambientais do biodiesel, estimou-se que o uso do biodiesel evitou a emissão de 21,8 MtCO₂eq entre 2008 e 2012. Em Mur Castro (2019), consta que entre 2010 e 2018, o biodiesel contribuiu com a redução de aproximadamente 70 MtCO₂eq.

O valor encontrado de 66,7 MtCO₂eq pelas estimativas da EPE para emissões evitadas entre 2012 e 2018 pelo uso do biodiesel no escopo do PNPB, é comparável ao total das emissões do setor de transporte do município de São Paulo em 7 anos, de 2011 a 2017, um total equivalente a 66,5 MtCO₂eq (SVMA, 2019). Somando o valor estimado em MAPA (2013) para os anos de 2008 a 2012 e os valores da Tabela 20 de 2013 e 2018, o PNPB evitou a emissão de 81,4 MtCO₂eq entre 2008 e 2018.

Com relação ao compromisso de redução das emissões previstas no Acordo de Paris e no Renovabio, há a previsão de aumento da participação dos biocombustíveis na matriz energética brasileira, incluindo o aumento da mistura obrigatória de biodiesel no diesel. Atualmente essa porcentagem é de 11%, mas já é possível utilizar misturas de até

15% e está previsto o aumento de 1% ao ano até atingir o B15. Assim, o PNPB é visto como uma política pública no setor de biocombustíveis que tem contribuído e se mantém nas metas para redução das emissões brasileiras no setor de transportes, conforme consta no Plano Decenal de Expansão da Energia para 2029 (EPE, 2019a).

Em relação a nova Política Nacional dos Biocombustíveis, o RenovaBio, os biocombustíveis considerados nessa primeira fase são: etanol de cana-de-açúcar, primeira e segunda geração, etanol de milho; biodiesel de soja, biodiesel de gordura bovina; bioquerosene, biometano de resíduos da agroindústria de cana-de-açúcar e biometano de resíduos de agroindústria de processamento de carne e de lixo urbano.

O RenovaBio conta com uma ferramenta, a RenovaCalc, para cálculo das emissões e da quantidade de Créditos de descarbonização, Cbios, atribuídos aos produtores de biocombustíveis. O método leva em consideração as emissões do Ciclo de Vida, desde a obtenção da matéria-prima, à montante do processo agrícola (insumos e infraestrutura), incluindo a fase agrícola até a fase industrial de produção do biocombustível.

Com relação às etapas de obtenção da matéria-prima o produtor pode adicionar os dados de entrada ou utilizar a base de dados com valores padronizados. Já na obtenção do biocombustível, é necessário adicionar dados primários dos insumos e tecnologias utilizados em toda fase industrial.

Na versão disponível e já em uso da Renovacalc, os biocombustíveis derivados de resíduos apresentam carga ambiental zero para a etapa da obtenção da matéria-prima, sendo computadas emissões de GEEs a partir do transporte da matéria-prima e da fase industrial. Esse caso pode incentivar a prática da economia circular com aproveitamento de resíduos de outras empresas. É o caso do biodiesel de sebo bovino, segunda matéria-prima mais utilizada na produção nacional. Com isso, as usinas que produzem a partir desse resíduo tendem a ter uma eficiência energética-ambiental maior e, portanto, mais Cbios associados.

Outra questão relacionada ao cálculo das emissões no escopo do RenovaBio é que na fase agrícola são consideradas as emissões diretas relacionadas a mudança do uso do solo para plantação das monoculturas de cana, milho e soja. Entretanto, existem efeitos que não são contabilizados e que poderiam resultar em emissões maiores, como a pressão para ampliação da área para esses cultivos. Esse efeito foi chamado de emissões indiretas da mudança do uso do solo e pondera a competição por terra para produtos alimentícios e o aumento do desmatamento (MUR CASTRO, 2019; PAVLENKO e ARAUJO, 2019;

TRANSPORT AND ENVIRONMENT, 2016). Considerando que o Brasil é um grande produtor de commodities agrícolas essa ponderação seria importante de ser adicionada à RenovaCalc para favorecer biocombustíveis cada vez mais avançados e menos poluentes.

Desse modo, a análise realizada constatou que o biodiesel foi importante para redução das emissões de CO₂eq dos veículos a diesel, significativo nas rodovias brasileiras, e que essa contribuição aumentou ao longo dos anos com base no acréscimo gradual da porcentagem de mistura ao diesel. Assim, o uso do biodiesel como equivalente renovável do diesel fóssil, representa um papel importante na matriz energética e na redução das emissões do setor de transporte.

Embora ainda sejam necessárias análises específicas para os poluentes do biodiesel, como o aumento nas emissões de NO_x, e atenção às mudanças indiretas do uso do solo, o biodiesel está incluído no RenovaBio e nas estratégias brasileiras para cumprimento das metas de redução das emissões.

Vale ressaltar, que mesmo não tendo sido um objetivo explícito na formulação do PNPB, a dimensão ambiental começou a ter mais destaque em 2012, conforme mostrado na revisão da literatura, e tende a ter cada vez mais importância dado o contexto de políticas para mitigação das mudanças climáticas. A dimensão ambiental pode ainda ser um vetor para o futuro do PNPB, com, por exemplo, o favorecimento de resíduos como matérias-primas para a produção de biodiesel no país.

6.5. Avanços e desafios

O aumento da porcentagem de mistura de biodiesel no diesel de 2%, no início do programa, atingindo 10% em 2018, com segurança no abastecimento e expansão da capacidade instalada, demonstra a formação de uma indústria e um mercado estruturados, bem como do domínio da tecnologia. Com relação à produção de biodiesel, entre 2008 e 2018 foram produzidos 34,3 Milhões de m³ de biodiesel e a capacidade instalada quase dobrou nesse período, atingindo 8,5 Milhões de m³ em 2018. Entretanto, há disparidades entre as regiões: o Centro-Oeste é região de maior produção, seguida do Sul, sendo que ambas as regiões expandiram suas capacidades instaladas enquanto que as regiões Norte e Nordeste tiveram sua participação reduzida no Programa.

A maioria das usinas se concentram nas regiões Centro-Oeste e Sul, também grandes produtoras de soja, demonstrando a vantagem de estar próximo as fontes de

matéria-prima e o fato de empresas do ramo dos óleos vegetais se tornarem grandes produtoras de biodiesel. A redução do número de usinas ao passo que a capacidade instalada aumentou nesse período, indica também a predominância de usinas de grande porte nesse mercado.

Com isso, foi apontada a defasagem para com o objetivo de promover o desenvolvimento regional em todo território, já que os produtores preferem se instalar nas regiões no eixo Centro-Sul. As regiões Norte e Nordeste, que precisam de mais incentivos e infraestrutura, não estão sendo favorecidas pelo Programa.

A avaliação da dimensão social permitiu verificar que essa disparidade também reflete na inclusão e beneficiamento de agricultores familiares. O PNPB chegou a beneficiar 100 mil famílias nos anos de 2010 e 2011, entretanto, esse número caiu nos anos seguintes, principalmente das famílias nordestinas. Em 2017, o total de famílias incluídas foi cerca de 60 mil, sendo a maior parte da região Sul. O histórico de ocupação do solo dessa região permitiu um nível de associação e de formação de instituições representativas dos agricultores familiares. Essa forma de organização favoreceu o cooperativismo que, por sua vez, aumentou o poder de mercado e reduziu os custos dos agricultores familiares do Sul.

O volume total de matéria-prima para produção de biodiesel oriundo da agricultura familiar aumentou seis vezes entre 2008 e 2017. A arrecadação anual média por família também aumentou, de 4,9 mil para 14,3 mil reais nesse período. Entretanto, a participação de matérias-primas oriundas da agricultura familiar do Sul do país, cerca de 2,5 Milhões de toneladas em 2017, representou 84,6% do total das cinco regiões. A maior parte da renda gerada, portanto, é arrecadada por famílias do Sul, assim como a assistência técnica prevista nos arranjos do SCS.

Foram apontadas as falhas dos mecanismos do PNPB em incluir agricultores das regiões Norte, Nordeste e do semiárido e de contemplar diferentes matérias-primas regionais. Diversificar a aquisição de produtos da agricultura familiar e as matérias-primas para produção de biodiesel configuram um desafio que se mantém no horizonte do PNPB.

O biodiesel é uma opção em comunidades que dependem do uso do diesel em suas atividades essenciais, como abastecimento de barcos de pesca e maquinário agrícola, como foi citado nesse trabalho. Assim, além de favorecer a inclusão social na cadeia de produção de biodiesel nacional, é possível promover a produção e uso local do biodiesel que favoreçam o desenvolvimento da população.

Em termos de segurança energética, a dependência externa em relação a importação de diesel, que foi estimada em 19,9% no ano de 2018, poderia ser de 28,4%, caso o biodiesel não fosse utilizado no país. Assim, a opção pela política do uso do biodiesel, um produto nacional complementar ao diesel de petróleo, é relevante tendo em vista que a importação de diesel triplicou entre 2009 e 2018. Esse avanço também tem vantagem econômica pois o dispêndio com a importação de diesel seria maior sem o PNPB. Considerando também nessa conta, a importação de metanol, insumo para produção de biodiesel, e a receita com a exportação de glicerol bruto, subproduto da reação, a economia para o Brasil foi de 18,6 bilhões de dólares (US\$ FOB) no período entre 2008 e 2018.

Dada a contribuição do setor de transportes para as emissões antropogênicas do Brasil e a dependência do modal rodoviário para mobilidade de pessoas e cargas em veículos pesados com motores à diesel, o biodiesel é visto como estratégia para atingir as metas de redução das emissões. Com base nas estimativas encontradas, o uso do biodiesel evitou a emissão de 81,4 MtCO₂eq entre 2008 e 2018. Entretanto, as críticas quanto à eficiência energética e ambiental dos biocombustíveis e as emissões diretas e indiretas relacionados a mudança do uso do solo para monoculturas e pastagens são aspectos que precisam ser levados em conta. As características territoriais e climáticas do país são vantagens que não podem encobrir uma política de desmatamento e mau uso dos recursos naturais. Com isso, estudos que avaliam de modo mais aprofundado as emissões relacionadas ao ciclo de vida do biodiesel e suas matérias-primas devem ser incorporados nas decisões quanto a manutenção do uso do biodiesel como política nacional.

No cenário interno, grandes empresas produtoras de biodiesel são também do ramo de produtos alimentícios e de óleos vegetais. Nesse contexto, as empresas verticalizadas, que realizam o esmagamento da soja e obtenção do óleo, apresentam maiores vantagens econômicas em relação as empresas que, para produção de biodiesel precisam adquirir a matéria-prima no mercado de óleos vegetais. Essa situação ajuda a explicar a concentração do mercado de biodiesel entre empresas de grande porte já consolidadas no mercado de farelo e óleo de soja.

Além disso, ao longo dos anos houve um aumento do rigor com relação à qualidade do biodiesel, o que corrobora com o objetivo do Programa em garantir o padrão adequado do combustível, no entanto exige investimento em melhorias no processo para atender aos novos parâmetros. Nesse caso, as empresas maiores, donas também de uma margem de lucro maior, conseguiram responder a essas novas demandas. A preocupação

com a concentração do mercado de biodiesel levou o governo a aprovar em 2019 uma espécie de cota nos leilões para pequenos produtores permanecerem no mercado.

Sendo assim, o PNPB é uma política em constante avaliação. É preciso rever seus mecanismos e estratégias, pois há margem para avanços em todas as dimensões estudadas. Em termos de política e segurança energética, quando novos impulsos são traçados na esfera nacional, como os planos de expansão da mistura obrigatória, maior competição entre os biocombustíveis e as políticas para redução das emissões, a discussão acerca do desempenho dos planos adotados até o momento são oportunidades de desenvolvimento.

Como foi mostrado nesse trabalho, embora a indústria tenha se estabelecido no país garantindo a segurança do abastecimento a preços competitivos e com qualidade do produto, é preciso investir em inovação tecnológica para que o biodiesel tenha condições de competir com biocombustíveis mais avançados e menos poluentes. Além disso, os mecanismos de inclusão social são ineficientes e precisam ser revistos, assim como o cálculo das emissões referentes à cadeia do biodiesel para melhor norteamento sobre a continuidade da expansão da mistura obrigatória.

7. Considerações finais

O avanço da transição energética e das energias renováveis, embora em passos lentos, tem se mostrado um caminho sem volta. As pressões ambientais e as novas diretrizes do setor energético buscam, além da segurança do abastecimento, a descarbonização. Ao mesmo tempo, os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável definem prioridades quanto ao combate à pobreza e, portanto, evidenciam a dimensão social das oportunidades de crescimento, das políticas públicas e dos investimentos.

Como foi visto e considerado nesse trabalho, as políticas energéticas representam impactos nas dimensões tecnológicas, econômicas, sociais e ambientais. Desse modo, fica como responsabilidade da esfera política equacionar e administrar objetivos muitas vezes conflitantes entre si: promoção do bem-estar social, competitividade dos mercados, desenvolvimento das tecnologias eficientes e redução das emissões e impactos no meio ambiente. O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, lançado em 2004, foi avaliado nesse trabalho como política pública, agroenergética e com objetivos sociais presentes em sua agenda desde o início da sua formulação.

Sendo assim, o arcabouço regulatório, o emprego de matérias-primas aproveitando a vantagem territorial, climática e a força do setor da agricultura e pecuária no país e ainda a consolidação de uma tecnologia que já estava sendo desenvolvida, pelo menos desde a década de 1980, nos institutos de pesquisa e universidades brasileiras, são características que sustentaram um mercado de biodiesel em expansão no país. A inclusão da agricultura familiar nessa cadeia produtiva e a redução da dependência externa por diesel importado, foram desafios elencados nesse trabalho e colocados à prova, na implementação e manutenção dessa política ao longo de mais de uma década.

A questão ambiental, embora já apoiada em dados sobre a menor emissão de GEEs do biodiesel em relação ao diesel de petróleo, não constou como objetivo explícito do PNPB. Entretanto, foi uma dimensão que recebeu atenção da pesquisa brasileira principalmente a partir de 2012 e, o PNPB, hoje, faz parte das principais estratégias do Brasil para descarbonização do setor de transportes.

Mesmo não sendo uma solução disruptiva como a eletrificação da frota de veículos para uma descarbonização mais profunda, os biocombustíveis integram a Nova Política para o setor, o RenovaBio, implementada em 2016. Essa iniciativa estabelece a comercialização de Cbios, créditos de descarbonização, entre produtores de biocombustíveis e distribuidoras de combustíveis a fim de que essas cumpram suas as

metas de redução das emissões de GEEs. Algumas usinas de biodiesel já apresentam o certificado para essa comercialização e outras estão em processo de obtenção.

Os Cbios estão relacionados à eficiência energética e ambiental do biocombustível, medida em Intensidade de Carbono ($\text{gCO}_2\text{eq.MJ}^{-1}$) 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 menos poluentes.

Nesse sentido, vale ressaltar a importância de reavaliar as 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. Em fases posteriores dessa política, o biodiesel obtido a partir do óleo residual de fritura ou ainda de outros resíduos podem ser favorecidos, uma oportunidade para otimizar a coleta e, se aliado, a cooperativas de reciclagem, poderia também gerar emprego e renda. O uso de resíduo, em tempos de promoção da Economia Circular, tem se mostrado um vetor para a bioenergia, a exemplo do biogás de Resíduos Sólidos Urbanos e agropecuários em ascensão no Brasil e no mundo.

A diversificação das matérias-primas para produção do biodiesel, que não foi favorecida entre os anos analisados, pode avançar com esse novo impulso e viés do setor de biocombustíveis. A dimensão tecnológica também pode ser impulsionada pois o RenovaBio prevê uma competição por biocombustíveis mais eficientes. A reciclagem de produtos no processo industrial do biodiesel, como a utilização da glicerina no pré-tratamento da matéria-prima, citada nesse trabalho, é um exemplo de aprimoramento tecnológico que também eleva a eficiência ambiental do combustível, assim como a expansão do uso do etanol como reagente na reação de transesterificação. Desse modo, a dimensão ambiental pode ser determinante para os novos rumos do Programa de biodiesel brasileiro.

O uso do etanol na produção de biodiesel pode ser um avanço, não só em termos ambientais como também econômicos. Como foi visto, a importação de metanol para

produção de biodiesel consiste em um dispêndio do país, reduzindo a economia obtida com a substituição de parte da demanda de diesel importado.

Esse trabalho apontou que, com os atuais mecanismos e as alterações regulatórias realizadas nas regras do Selo Combustível Social no período analisado, não será possível melhorar os resultados da inclusão familiar no Programa. É preciso, além de criar um novo mercado para escoar a produção dos agricultores familiares dentro de uma cadeia produtiva, que sejam também desenvolvidas iniciativas para melhorar a produtividade e a competitividade desses agricultores. Assim, é importante fomentar as bases do cooperativismo entre os agricultores, proporcionar uma melhora nos índices de educação e instrução dessas famílias e uma assistência técnica que seja voltada a eles.

Atualmente recebem assistência técnica os produtores que estão incluídos, e como mencionado anteriormente, são em sua maioria agricultores do sul do país com melhores desempenhos, com maior grau de cooperativismo e que conseguem oferecer maior segurança no fornecimento e os melhores preços. Ademais, investimentos em infraestrutura logística e energética e incentivos para que os produtores busquem expandir seus negócios nas regiões menos favorecidas como o Norte e Nordeste pode melhorar os resultados com relação a concentração das usinas. Do mesmo modo, o uso de matérias-primas e produtos da agricultura familiar local também podem avançar com essa descentralização.

Esse trabalho reuniu e avaliou pontos importantes do PNPB, avanços e desafios remanescentes bem como perspectivas diante da nova Política Nacional dos Biocombustíveis, o RenovaBio, a partir da análise por dimensões e os critérios avaliados. O trabalho apontou a falta de alguns dados, principalmente com relação ao processo produtivo, uso de etanol e tipos de matéria-prima por usina; na esfera social, lacunas com relação ao histórico das matérias-primas obtidas da agricultura familiar anteriores a 2017 e os dados de aquisição de matéria-prima da agricultura familiar por usina certificada com SCS dificultam análises mais assertivas.

Espera-se que com a entrada de dados primários do produtor no sistema do RenovaBio seja possível ter mais acesso a algumas informações, inclusive para garantir a transparência e estimular a competitividade entre os produtores. Esse trabalho pode ser utilizado como um panorama do cenário atual, com base no histórico e evolução do PNPB, para análises futuras de desempenho do setor de biodiesel.

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 2025.

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.

Alguns questionamentos surgiram ao longo dessa avaliação e podem ser temas de pesquisas futuras. A competição ou conciliação do mercado de biodiesel com a otimização do processo produtivo do diesel verde (HVO) também equivalente renovável do diesel, porém mais moderno e obtido da hidrogenação de óleo vegetais. O aprofundamento das pesquisas quanto à eficiência energética e ambiental do biodiesel diante da competição prevista com o RenovaBio também é um tema relevante. É interessante também o levantamento de dados primários para suprir a falta de algumas informações apontadas nesse trabalho.

Em termos de mercado de carbono, também é possível indagar se as vantagens obtidas com a comercialização dos Cbios podem ser em algum grau refletidas ao longo da cadeia e beneficiar também os agricultores familiares. O uso de resíduos é outro campo cada vez mais interessante, inclusive com a possibilidade de associar a produção de biodiesel e biogás com a biodigestão da glicerina, bem como explorar a produção de biodiesel em sistemas isolados, gerando novas oportunidades de desenvolvimento social e local. Por fim, o tema abordado nesse trabalho tangencia esferas políticas e tecnológicas com questões ainda insaciadas e necessidades de avaliação e atualização constantes dos mecanismos para os horizontes planejados.

8. Referências

ABIOVE. Associação Brasileira das Indústrias e Óleos Vegetais. Estatística: evolução das cotações FOB- Brasil (2008 a 2018). Complexo de soja, setor processador, 2019. Disponível em <http://abiove.org.br/estatisticas/> Acesso em 03.04.2020.

ABRAMOVAY, Ricardo. Agricultura familiar e desenvolvimento territorial. **Reforma agrária**, v. 28, p. 1–21, 1998.

ABRAMOVAY, R.; MAGALHÃES, R. The Access of Family Farmers to Biodiesel Markets: Partnerships Between Big Companies and Social Movements. **Regoverning Markets Innovative Practice series**, p. 1–27, 2007.

ALMEIDA, E. L. F.; OLIVEIRA, P. V.; LOSEKANN, L. Impactos da contenção dos preços de combustíveis no Brasil e opções de mecanismos de precificação. **Revista de Economia Política**, v. 35, n. 3, p. 531–556, 2015.

AMARAL, L. C. G. S.; ABREU, Y. V. DE. Evolução do Mercado Brasileiro de Biodiesel sob a Ótica dos Leilões Promovidos pela ANP: 2005 a 2014. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, n. 4, p. 729–750, 2016.

ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Informações do site, 2020a. Disponível em <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel> Acesso em 20.03.2020.

ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis. Certificados da Produção ou Importação Eficiente de Biocombustíveis, 2020b. Atualizado 24.03.2020. Disponível em <http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/renovabio/certificados-producao-importacao-eficiente> Acesso em 24.03.2020.

ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis. Anuário Estatístico 2019a. Ano base 2018. Disponível em formato planilha no endereço <http://www.anp.gov.br/publicacoes/anuario-estatistico/5237-anuario-estatistico-2019> Acesso em 14/02/2019.

ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis. Dados estatísticos. Importação e Exportação, 2019b. Disponível em <http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos> Acesso em 03.04.2020.

ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis. Resumo leilões 2018a. Planilha disponível em www.anp.gov.br/images/DISTRIBUICAO_E_REVENDA/LEILOES_DE_BIODIESEL/Resumo_leiloes_ANP2018_L58_L63.xlsx Acesso em 19.05.2020.

ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis. Anuário Estatístico 2018b. Ano base 2017. Disponível em <http://www.anp.gov.br/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2018> Acesso em 14/02/2019.

ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis. Anuário Estatístico 2015. Ano base 2014. Disponível em <http://www.anp.gov.br/publicacoes/anuario-estatistico/2440-anuario-estatistico-2015> Acesso em 14/02/2019.

ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis. Anuário Estatístico 2010, Ano base 2009. Disponível em <http://www.anp.gov.br/publicacoes/anuario-estatistico/2435-anuario-estatistico-2010> Acesso em 14.02.2019.

AYLING, J.; GUNNINGHAM, N. Non-state governance and climate policy: the fossil fuel divestment movement. **Climate Policy**, v. 17, n. 2, p. 131–149, 2017.

AZAR, C.; SANDÉN, B. A. The elusive quest for technology-neutral policies. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 1, n. 1, p. 135–139, 2011.

BARBOSA, Solange. M. K. **A competitividade das fontes energéticas em uma abordagem de learning curves: uma proposição de regulação que incentive as tecnologias renováveis**. São Paulo, SP: Tese de doutorado, Instituto de Energia e Ambiente, USP, 2016.

BARROS RIBEIRO, E. C. et al. Biodiesel and social inclusion: An analysis of institutional pressures between biodiesel plants and family farmers in southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 204, p. 726–734, 2018.

BARUFI, Clara. et al. Biodiesel e os dilemas da inclusão social. In Bermann, Célio (org). **As novas energias no Brasil: dilemas da inclusão social e programas do governo**. Editora Fase, Rio de Janeiro, 2007 pp. 1-86.

BBC News Brasil. Greve dos caminhoneiros: a cronologia dos 10 dias que pararam o Brasil. Matéria divulgada em 30 de maio de 2018. Disponível em <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-44302137> Acesso em 29.05.2020.

BELLINGIERI, Julio, C. Teorias do desenvolvimento regional e local: uma revisão bibliográfica. **RDE - Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 1, n. 39, p. 6, abr. 2017.

BERMANN, Célio. Crise ambiental e as energias renováveis. **Ciencia e Cultura**, v. 60, n. 3, p. 20–29, 2008.

BIODIESELBR. Laboratórios: qualidade garantida. Análise do biodiesel envolve testes caros e complexos, como o do número de cetano. Notícia publicada no portal online, 2011. Disponível em <https://www.biodieselbr.com/revista/022/qualidade-garantida> Acesso em 15/03/2019

BIODIESELBR. Proálcool. Programa Brasileiro de Álcool. 2012. Disponível em <https://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool/programa-etanol> Acesso em 14.02.2019.

BOMB, C. et al. Biofuels for transport in Europe: Lessons from Germany and the UK. **Energy Policy**, v. 35, n. 4, p. 2256–2267, 2007.

BONATO, E; BONATO, A. **A soja no Brasil: história e estatística**. Londrina/PR: EMBRAPA, 1987.

BOSI, José, A. **O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel e a agricultura familiar**. São Paulo, SP: Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental do Instituto de Energia e Ambiente (PROCAM) da Universidade de São Paulo, 2015.

BOTELHO, Carlos. Viabilidade técnica e aspectos ambientais do biodiesel etílico de óleos residuais de fritura. Dissertação de mestrado do Programa de Interunidades de Pós-graduação da Universidade de São Paulo, 2012.

BRASIL. Decreto Nº 5.297 de 6 de dezembro de 2004. Dispõe sobre os coeficientes de redução das alíquotas da Contribuição para o PIS/PASEP e da COFINS incidentes na produção e na comercialização de biodiesel. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5297.htm Acesso em 02.04.2020.

BURKE, Edmund III. The Big Story Transcript. p. 33–53, 2015.

CARDOSO, B. F.; SHIKIDA, P. F. A.; FINCO, A. Development of Brazilian biodiesel sector from the perspective of stakeholders. **Energies**, v. 10, n. 3, p. 1–14, 2017.

CARVALHO, Laura. *Valsa brasileira: do boom ao caos econômico*. São Paulo, Todavia. 192 p, 2018.

CNPE. Conselho Nacional De Política Energética. RESOLUÇÃO Nº 3, DE 21 DE SETEMBRO DE 2015. Disponível em http://www.mme.gov.br/documents/10584/2431527/Resolu%C3%A7%C3%A3o_3_CNPE_Biodiesel.pdf/d7480b33-c6b4-45fe-a20b-19b0e23f3293. Acesso em 11/02/2019.

COMEXSTAT. Estatística Comércio Exterior, importações e exportações gerais, 2020. Dados metanol e glicerol bruto (2008 a 2018). Disponível em <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral/7897> Acesso em 03.04.2020.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Portal de Informações Agropecuárias, Grãos série histórica, 2018. Disponível em

<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/index.php/safras/safra-serie-historica> Acesso em 11/02/2018.

CONTRAF. Confederação Nacional do Trabalhadores e Trabalhadoras da Agricultura Familiar do Brasil. Quem somos, 2020. Disponível em <https://contrafbrasil.org.br/> Acesso em 09.04.2020.

CORADINI, Odacir. Formação e evolução histórica da estrutura agrária da região. *In*: CORADINI, O.; FREDERICQ, A. (Ed.). . **Agricultura, cooperativas e multinacionais**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: SciELO Books - Centro Edelstein, 2009. p. 7–33.

DOMINGUES, Mariana. **A Soja no Contexto do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB)**. São Paulo, SP: Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, 2016.

DOMINGUES, M. S.; BERMANN, C. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. **Ambiente & Sociedade**, v. XV, n. 2, p. 1–22, 2012.

EMBRAPA, Dados Econômicos – Soja em números, safra 2017/2018. Atualizado em maio de 2018. Disponível em <https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em 11/02/2018.

EMBRAPA. Módulo fiscal 2019. Disponível em <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/area-de-reserva-legal-arl/modulo-fiscal> Acesso em 14/02/2019.

EPA, Environmental Protection Agency. A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions, Draft Technical Report, EPA420-P-02001, (2002).

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Análise da Conjuntura do Biocombustíveis, 2018. Disponível em http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-402/An%C3%A1lise_de_Conjuntura_Ano%202018.pdf Acesso em 20.03.2020.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão da Energia, 2019a, PDE 2029. Disponível em http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202027_aprovado_OFICIAL.pdf Acesso em 20.03.2020.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional. Balanços dos Centros de Transformação, 2019b. Disponível em <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-494/BEN%202019%20Completo%20WEB.pdf> Acesso em 20.03.2020

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional. Relatório síntese, 2019c. Disponível em <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-470/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%20BEN%202019%20Ano%20Base%202018.pdf> Acesso em 09.04.2020.

ESPÍNDOLA, Carlos. Políticas públicas na economia brasileira pós-2003: do auge à crise. p. 154–170, 2019.

FARIA, I. et al. A Utilização de Óleo Vegetal Refinado como Combustível - Aspectos Legais, Técnicos, Econômicos, Ambientais e Tributários. Centro de Estudos da Consultoria do Senado, p. 64, 2010.

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

FISCHER, Jürgen. Gestão de qualidade do biodiesel: a história da AGCM. 2005.

FREITAS, S. M; MARTINS, G. Novas Regras nos Leilões de Biodiesel : a rentabilidade das usinas e a contratação de agricultores familiares. v. 2011, n. 24, p. 1–7, 2012a.

FREITAS, S; MARTINS, G. Selo Combustível Social : Reflexões sobre a Instrução Normativa MDA n . 1 de 2009. p. 1–8, 2012b.

GARCILASSO, Vanessa, P. **Análise entre processos e matérias-primas para a produção de biodiesel**. São Paulo, SP: Tese de doutorado, Instituto de Energia e Ambiente, USP, 2014.

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

GGN. A Brasil Ecodiesel e o papel do mercado. Artigo publicado em maio de 2010. Disponível em <https://jornalggcn.com.br/economia/a-brasil-ecodiesel-e-o-papel-do-mercado/> Acesso em 19/03/2019.

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T.; LUCON, O. How adequate policies can push renewables. **Energy Policy**, v. 32, n. 9, p. 1141–1146, 2004.

GUTIÉRREZ-OPPE, Evelyn, E. Gestão da Qualidade do biodiesel no Brasil comparada com modelos internacionais. **Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 8, n. 2, p. 131–149, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário do Brasil 2017. Resultados definitivos, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em

<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=73096>
Acesso em 12.08.2020.

IEMA. **Documento de análise: evolução das emissões de gases de efeito estufa no Brasil (1970-2013): setor de energia e processos industriais**. São Paulo, SP: Instituto de Energia e Meio Ambiente, Observatório do Clima, 2015.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Classificação dos imóveis rurais, 2019 Disponível em <http://www.incra.gov.br/tamanho-propriedades-rurais> Acesso em 14/02/2019.

KNOTHE, G., GERPEN, J., KRAHL, J., RAMOS, L. **Manual do biodiesel**. São Paulo, Editora Edgard Blucher, 2006.

LEMOS, M. L. F. et al. Agregação de valor na cadeia da soja. **Agroindústria BNDES Setorial**, v. 46, p. 167–217, 2017.

LEROY, J. Contextualização e problematização dos agrocombustíveis no Brasil. In MAIA, K.; BEGHIN, N. (COORD). **Agrocombustíveis e a Agricultura Familiar e Camponesa**. Subsídios Ao Debate. Rio de Janeiro/FASE. 141p, 2008.

LIMA L., MAROUBO L., LOPES A. Produção de biodiesel de microalgas in ANDRADE, D.; FILHO A. (org). **Microalgas de águas continentais: Produção de Biomassa e Coprodutos**. Volume 2, Instituto Agrônomo do Paraná, IAPAR. Londrina, 2014. p. 78-155.

LÔBO, I.; FERREIRA, S.; CRUZ, R. Revisão: Biodiesel- Parametros de Qualidade e Metodos Analiticos. **Quim.Nova**, v. 32, n. 6, p. 1596–1608, 2009.

MAPA. **Benefícios ambientais da produção e do uso do biodiesel**. Brasília/DF: Relatório apresentado à Câmara Setorial da Cadeia Produtiva de Oleaginosas e Biodiesel, 2013.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anuário estatístico da agroenergia 2014. Brasília, Distrito Federal, 2015

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Balanço do Selo Combustível Social 2017. Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/biodiesel/selo-combustivel-social> Acesso em 16/06/2019.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agricultura familiar e o programa de biodiesel: Cooperativas habilitadas, 2020. Disponível em

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/biodiesel/selo-combustivel-social> Acesso 02.04.2020.

MARCOSSI, G. P. C.; MORENO-PÉREZ, O. M. A closer look at the Brazilian Social Fuel Seal: uptake, operation and dysfunctions. **Biofuels**, v. 9, n. 4, p. 429–439, 2018.

MDA, Ministério do Desenvolvimento Agrário. Declaração de Aptidão ao PRONAF, 2019 (DAP). Disponível em <http://www.mda.gov.br/sitemda/saf/dap> Acesso em 18/03/2019.

CAMARGO, Aspásia. Memorial - História das Ligas Camponesas, 2020. Disponível em https://www.ligascamponesas.org.br/?page_id=99 Acesso em 21.08.2020.

MME. Ministério de Minas e Energia. RenovaBio: Nota explicativa sobre a proposta de criação da Política Nacional de Biocombustíveis. p. 1–138, 2016a.

MME. Ministério de Minas e Energia. Boletim Mensal dos Biocombustíveis, dezembro 2016. 2016b. Disponível em <http://www.mme.gov.br/documents/1138769/1732805/Boletim+DBio+n%C2%BA+106+dezembro+de+2016.pdf/d0fd7bc5-b800-443e-a0f6-2959e7dd8a8e> Acesso 19/03/2019

MOECKE, E. H. S. et al. Biodiesel production from waste cooking oil for use as fuel in artisanal fishing boats: Integrating environmental, economic and social aspects. **Journal of Cleaner Production**, v. 135, p. 679–688, 2016.

MONBIOT, G. How a false solution to climate change is damaging the natural world. **The Guardian**, p. 1–5, 2014.

MORAIS, P. et al. Etanol de 2 geração: atual produção e perspectivas. **Bioenergia em Revista: Diálogos (ISSN: 2236-9171)**, v. 7, n. 1, p. 45–57, 2017.

MORENO-PÉREZ, O. M.; MARCOSSI, G. P. C.; ORTIZ-MIRANDA, D. Taking stock of the evolution of the biodiesel industry in Brazil: Business concentration and structural traits. **Energy Policy**, v. 110, n. August, p. 525–533, 2017.

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.

MURTA, A; FREITAS, M. CO₂ Emissions Avoided Through the use of Biodiesel in the Brazilian Road System. **International Journal of Energy Economics and Policy**, v. 8, n. 2, p. 59–68, 2018.

NAVARRO, Z. Mobilização sem emancipação – as lutas sociais dos sem-terra no Brasil in **Produzir para viver: os caminhos da produção não capitalista**. Boaventura de Souza Santos (org.). Editora Civilização Brasileira, Rio de Janeiro, 2002.

NASCHE, Aline. **O Papel do Programa Nacional De Produção e Uso de Biodiesel como instrumento de política de redução das desigualdades regionais brasileiras.** São Paulo, SP: Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, 2012.

NOGUEIRA, L. A. H. et al. Biodiesel program in Brazil: learning curve over ten years (2005–2015). **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 10, n. 6, p. 728–737, 1 nov. 2016.

OCB. Organização das Cooperativas Brasileiras. O cooperativismo é o sistema mais fraterno, matéria divulgada no portal de notícias em 07.05.2019. Disponível em <https://www.ocb.org.br/noticia/21402/o-cooperativismo-e-o-sistema-mais-fraterno> Acesso 09.04.2020.

OLIVEIRA, F. C. DE; COELHO, S. T. History, evolution, and environmental impact of biodiesel in Brazil: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 75, p. 168–179, 2017.

OLIVEIRA et al. The Brazilian social fuel stamp program: few strikes, many bloopers and stumbles. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 102, p. 121-128., 2019.

OLIVEIRA, G. DE L. T.; MCKAY, B.; PLANK, C. How biofuel policies backfire: Misguided goals, inefficient mechanisms, and political-ecological blind spots. **Energy Policy**, v. 108, n. March, p. 765–775, 2017.

ONU BRASIL. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, traduzido pelo Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio), última edição em 13 de outubro de 2015. Disponível em <https://sustainabledevelopment.un.org> Acesso em 31.03.2020.

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

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

PAVLENKO, N.; ARAUJO, C. Opportunities and risks for continued biofuel expansion in Brazil. **International Council on Clean Transportation**, Briefing, 2019.

PAZUCH et al. Avaliação da codigestão de glicerina associada a esterco bovino para produção de biogás no estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum - Technology**, v. 39, n. 2, p. 149–159, 2017.

PEDROTI, Paula, M. **Texto para Discussão. Os desafios do desenvolvimento e da inclusão social: o caso do arranjo político- institucional do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel.** Rio de Janeiro: IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica

Aplicada, 2013.

PERES, S. Apresentação no seminário do biodiesel em Pernambuco. Aproveitamento de resíduos de abatedouros bovinos para produção de biodiesel e outras fontes energéticas. Recife, 2008. Disponível em <https://docplayer.com.br/21846696-Sergio-peres-ph-d-universidade-de-pernambuco-escola-politecnica-laboratorio-de-combustiveis-e-energia-policom.html> Acesso em 23.03.2019.

PETRY, P.; PERECIN, D.; NINNI, K. Selo Combustível Social: uma análise da atual participação da agricultura familiar e do desempenho regional. **71ª Reunião Anual da SBPC**, p. 3–6, 2019.

PINTO JR., H. et al. Economia da Energia: fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial. **Ed. Elsevier, Rio de Janeiro**, 2007.

RATHMANN, R.; SZKLO, A.; SCHAEFFER, R. Targets and results of the Brazilian Biodiesel Incentive Program - Has it reached the Promised Land? **Applied Energy**, v. 97, p. 91–100, 2012.

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

REN 21. 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 20.03.2020.

REN 21. Renewables 2020: Global Status Report, 2020. Disponível em <https://www.ren21.net/gsr-2020/> Acesso em 28.06.2020.

REPÓRTER BRASIL. O Brasil dos agrocombustíveis. Soja e Mamona 2009. Impactos das lavouras sobre a terra, o meio e a sociedade, 2009. Disponível em https://reporterbrasil.org.br/documentos/o_brasil_dos_agrocombustiveis_v4.pdf Acesso em 14.02.2019.

RESOLUÇÃO ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). Resolução ANP Nº 42 de 24.11.2004, publicada no Diário Oficial da União em 28/08/2014. Contém especificações do biodiesel (B100) atualizadas para comercialização em território nacional. Disponível em <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2004/novembro&item=ranp-42--2004> Acesso em 11/02/2019.

RESOLUÇÃO ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). Resolução ANP Nº 07 de 19.03.2008, publicada no Diário Oficial da União em 28/08/2014. Contém especificações do biodiesel (B100) atualizadas para comercialização em território nacional. Disponível em <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2008/marco&item=ranp-7--2008> Acesso em 11/02/2019.

RESOLUÇÃO ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). Resolução ANP Nº 14 de 11.05.2012, publicada no Diário Oficial da União em 28/08/2014. Contém especificações do biodiesel (B100) atualizadas para comercialização em território nacional. Disponível em <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2012/maio&item=ranp-14--2012> Acesso em 11/02/2019.

RESOLUÇÃO ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). Resolução ANP Nº 45 de 25.08.2014, publicada no Diário Oficial da União em 28/08/2014. Contém especificações do biodiesel (B100) atualizadas para comercialização em território nacional. Disponível em <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2014/agosto&item=ranp-45-2014> Acesso em 11/02/2019.

RESOLUÇÃO ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). Resolução ANP Nº 798 de 1.08.2019, publicada no Diário Oficial da União em 02/08/2019. Altera a Resolução ANP nº 45, de 25 de agosto de 2014, que estabelece as especificações de qualidade de biodiesel. Disponível em <http://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-798-de-1-de-agosto-de-2019-208544998> Acesso em 02.04.2020.

RICO, Julieta, A. P. **Biocombustíveis, alimentos e petróleo: uma análise retrospectiva da experiência brasileira**. São Paulo, SP: Tese de doutorado, Instituto de Energia e Ambiente, USP, 2013.

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

RIVAS DE OLIVEIRA, H.; EUSTÁQUIO, J.; LEAL, C. **Yolanda Vieira de Abreu (Organizadora)**. Málaga, Espanha: Eumed.net, 2012.

ROESLER, T.; HASSLER, M. Creating niches – The role of policy for the implementation of bioenergy village cooperatives in Germany. **Energy Policy**, v. 124, n. June 2018, p. 95–101, 2019.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Paula Yone Stroh. (org). Editora Garamond, Rio de Janeiro, 2002.

SALDIVA, Paulo. et al. Poluição atmosférica e saúde humana. *Revista Usp*, São Paulo, n.51, p. 58-71, 2001.

SAMPAIO, R. M.; BONACELLI, M. B. M. Biodiesel in Brazil: Agricultural R&D at petrobras biocombustível. **Journal of Technology Management and Innovation**, v. 13, n. 1, p. 66–74, 2018.

SANTOS, Denise. Desenvolvimento de método para a obtenção de energia a partir da produção de biodiesel via extração de óleo de borra de pó de café em escala laboratorial.

Dissertação de mestrado do Programa de Interunidades de Pós-graduação da Universidade de São Paulo, 2010.

SANTOS, B; RODRÍGUEZ, C. Para ampliar o cânone da produção in **Produzir para viver: os caminhos da produção não capitalista**. Boaventura de Souza Santos (org.). Editora Civilização Brasileira, Rio de Janeiro, 2002.

SECCHI, Leonardo. **Políticas públicas: conceitos, esquema de análises, casos práticos**. 2ª edição. Cengage Learning, São Paulo, 2013.

SEEG. **Análise das Emissões Brasileiras de Gases de Efeito Estufa e suas implicações para as metas do Brasil 1970 - 2018**. Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa: Relatório síntese 2019, Observatório do Clima, 2019a.

SEEG. O Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. Dados do setor de energia, 2019b. Disponível em <http://plataforma.seeg.eco.br/sectors/energia> Acesso em 09.04.2020.

SILVA CÉSAR et al. Competitiveness analysis of “social soybeans” in biodiesel production in Brazil. **Renewable Energy**, v. 133, p. 1147–1157, 2019.

SINGER, Paul. Economia solidária versus economia capitalista. **Sociedade e Estado**, v. 16, n. 1–2, p. 100–112, 2001.

SMIL, Vaclav. The long slow rise of solar and wind. **Scientific American**, v. 310, n. 1, p. 52–57, 2014.

SOUZA, S. P.; SEABRA, J. E. A.; NOGUEIRA, L. A. H. Feedstocks for biodiesel production: Brazilian and global perspectives. **Biofuels**, v. 9, n. 4, p. 455–478, 2018.

SOVACOOOL, Benjamin, K. Reviewing, Reforming, and Rethinking Global Energy Subsidies: Towards a Political Economy Research Agenda. **Ecological Economics**, v. 135, p. 150–163, 2017.

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.

STATTMAN, S. L.; MOL, A. P. J. Social sustainability of Brazilian biodiesel: The role of agricultural cooperatives. **Geoforum**, v. 54, p. 282–294, 2014.

SVMA. Secretaria do Verde e Meio Ambiente do Município de São Paulo. Inventário de emissões de GEEs, 2019. Disponível em https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/comite_do_clima/index.php?p=284393 Acesso em 09.04.2020.

TRANSPORT AND ENVIRONMENT. Globiom: the basis for biofuel policy post-2020 For more information, contact: Background and introduction. **Transport and Environment**, n. April 2016, p. 11, 2016.

UBRABIO. União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene. Ubrabio defende sistema de leilões públicos para o mercado de biodiesel, matéria divulgada dia 18/02/2020. Disponível em <https://ubrablo.com.br/2020/02/18/no-mme-ubrablo-defende-sistema-de-leiloes-publicos-para-o-mercado-de-biodiesel/> Acesso em 24.06.2020.

UFOP. Biodiesel Report on Progress and Future Prospects – Excerpt from the UFOP Annual Report 2018. https://www.ufop.de/files/5315/3994/5756/WEB_UFOP_1605_Biodieselauszug_EN_191018.pdf 24/01/2019

VANHAMÄKI, S. et al. Transition towards a circular economy at a regional level: A case study on closing biological loops. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 156, n. November 2018, p. 104716, 2020.

VARELLA, Marcelo. **Direito internacional econômico ambiental**. Editora Del Rey, Belo Horizonte, 2003.

VEDANA, Miguel. A culpa do preço alto do biodiesel é das distribuidoras. Matéria divulgada no site BiodieselBR em 08.10.2018. Disponível em <https://www.biodieselbr.com/noticias/regulacao/leilao/a-culpa-do-preco-alto-do-biodiesel-e-das-distribuidoras> Acesso em 03.04.2020.

VEIGA, José Eli. A face territorial do desenvolvimento. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, v. 3, n. 5, p. 5–19, 2002.

VIANNA, Fernanda. **Discussão epistemológica da produção científica brasileira em biodiesel**. São Paulo/SP: Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, 2012.

WHITE, W. et al. The role of governments in renewable energy: The importance of policy consistency. **Biomass and Bioenergy**, v. 57, p. 97–105, 2013.

YAAKOB, Z. et al. Overview of the production of biodiesel from Waste cooking oil, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v 18, p. 184-193, 2013.

YERGIN, Daniel. **A Busca: energia, segurança e reconstrução do mundo moderno**. 1ª edição, Rio de Janeiro: Intrínseca, 2014.

ZHANG, M. et al. A bibliometric analysis of biodiesel research during 1991–2015. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 20, n. 1, p. 10–18, 2018.