COPPE UFRJ
Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia

ALCANCE DOS OBJETIVOS DO PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DO BIODIESEL ATRAVÉS DOS LEILÕES PÚBLICOS E PROPOSTA DE UM MODELO INTEGRADO DE ANÁLISE DO IMPACTO DO BIODIESEL NO BEM-ESTAR COM INCORPORAÇÃO DE EXTERNALIDADES

Renato Cabral Dias Dutra

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, PPE-COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências em Planejamento Energético.

Orientador: Prof. Lucio Guido Tapia Carpio, D.Sc.

Rio de Janeiro
Novembro de 2022

ALCANCE DOS OBJETIVOS DO PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DO BIODIESEL ATRAVÉS DOS LEILÕES PÚBLICOS E PROPOSTA DE UM MODELO INTEGRADO DE ANÁLISE DO IMPACTO DO BIODIESEL NO BEM-ESTAR COM INCORPORAÇÃO DE EXTERNALIDADES

Renato Cabral Dias Dutra

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS EM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Orientador: Prof. Lucio Guido Tapia Carpio, D.Sc.

Examinada e Aprovada por:

Prof. Lucio Guido Tapia Carpio, D.Sc.

Prof. Reinaldo Castro Souza, Ph.D.

Prof. Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas, Ph.D.

Prof. Luciano Dias Losekann, Ph.D.

Prof. Pietro Adamo Sampaio Mendes, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
NOVEMBRO DE 2022

Dutra, Renato Cabral Dias

Alcance dos objetivos do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel através dos leilões públicos e proposta de um modelo integrado de análise do impacto do biodiesel no bem-estar com incorporação de externalidades / Renato Cabral Dias Dutra. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2022.

XXIII, 288 p.; 29,7 cm.

Orientador: Lucio Guido Tapia Carpio

Tese (doutorado) – UFRJ/COPPE/Programa de Planejamento Energético, 2022.

Referências Bibliográficas: p. 254-275.

1. Leilão de biodiesel. 2. PNPB. 3. Biodiesel. 4. Otimização de carteiras. 5. Equilíbrio parcial de mercado. I. Carpio, Lucio Guido Tapia. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Planejamento Energético. III. Título.

"Combati o bom combate,

terminei a corrida, guardei a fé"

(2 Timóteo 4:7-8)

Aos meus Pais, ao meu Irmão, à minha Afilhada Maria Alice, à minha Tia Malude e à minha prima Thê, por serem meus Pilares.

E, especialmente, dedico este trabalho aos grandes amigos e amigas que fizeram toda a diferença em minha vida, em específico, ao longo desses cinco anos de jornada.

Sem vocês presentes, o caminho teria sido muito mais difícil.

AGRADECIMENTOS

A jornada para o planejamento, a elaboração e a conclusão do doutoramento em Planejamento Energético no PPE da Coppe foi um longo processo, que se iniciou no ano de 2016, vários meses antes do processo seletivo, e foi concluído em meados de 2022, com a defesa da tese de doutorado. Essa caminhada não teria sido possível sem o suporte, o incentivo, as críticas e os conselhos de um conjunto expressivo de pessoas, às quais tributo especial agradecimento.

Inicialmente, agradeço, de forma especial, a meu orientador Lucio Guido Tapia Carpio, por ter me recepcionado desde nossa primeira reunião, em meados de 2016, por ter acreditado no potencial de minha pesquisa e por ter sido paciente e mentor nos momentos em que, por diversas situações, a coexistência do doutorado com o serviço público federal na Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e com uma graduação em Direito na UFRJ trouxe desafios para a gestão do tempo e para o cumprimento do cronograma. Ao final, tudo deu certo, e grande parte foi graças ao espírito positivo e à confiança do senhor.

Não poderia também ter desenvolvido este doutorado sem o apoio institucional e dos profissionais da ANP, de onde sou servidor de carreira, e do Ministério de Minas e Energia (MME), onde atualmente atuo no Departamento de Biocombustíveis. Em especial, homenageio meus ex-gestores, líderes que fizeram parte da minha formação e que acompanharam, nos últimos seis anos, minha trajetória, não apenas me incentivando, como também aconselhando e me abrindo diversas oportunidades profissionais: Jader Pires Vieira de Souza, Aurélio Cesar Nogueira Amaral, Maria Inês Souza e Bruno Conde Caselli. Sou grato por tê-los tido como líderes em momentos distintos dessa jornada. Devo também registrar meus agradecimentos especiais a Renata Bona Mallemont Rebello e Carlos Orlando Enrique da Silva, profissionais, amigos e mentores que contribuíram e contribuem de forma ímpar para minha caminhada.

Ao longo de grande parte de minha atuação como servidor público na ANP, especialmente no âmbito dos desafios relacionados ao setor de biodiesel, tive a honra trabalhar com minha amiga e servidora Rafaela Coelho Guerrante Gomes Siqueira Moreira, com quem tive infindáveis conversas sobre o conteúdo da presente tese e com quem debati diversas das conclusões, contribuindo sobremaneira para o êxito da pesquisa. Sua amizade foi um presente. Meu agradecimento especial por esses motivos.

Com a mesma relevância, registro meus sinceros agradecimentos às amigas e aos amigos da ANP com quem trabalhei direta ou indiretamente e que se tornaram parte inquestionável dessa conquista: Maria Ferreira Morris; Diogo Valério; Julio Cesar Candia Nishida; Bruno Valle de Moura; Márcio de Abreu Pinheiro; Jardel Farias Duque; Ingrid Borba do Nascimento Barbosa; Heloísa Paraquetti; Luiz Fernando de Souza Coelho; Abel Abdalla Torres; Luiz Carlos Ferreira de Souza; Rubens Cerqueira Freitas; Mauro Motta Laporte; Leonardo Oliveira da Silva; Jose Carlos Soares Tigre; Rodrigo Milão Paiva; Maria Tereza Alves de Oliveira Filha; Heloísa Borges Bastos Esteves; Jacqueline Barboza Mariano; Tabita Loureiro; Karine Alves de Siqueira; José Lopes de Souza; Leonardo de Vasconcelos Machado; e Eduardo Zana.

Os frutos da pesquisa relacionada a esta tese de doutorado também foram fundamentais para minha carreira, fazendo unir os mundos acadêmico e profissional, teoria e prática, em específico para que eu pudesse assumir novo desafio no Ministério de Minas e Energia como Coordenador-Geral de Biodiesel e Outros Biocombustíveis. Nesse sentido, agradeço, especialmente, ao Pietro Adamo Sampaio Mendes, que não apenas compôs as bancas de qualificação e de defesa da presente tese, como também foi responsável por me convidar a compor a equipe do Departamento de Biocombustíveis do MME. Sou grato ao Pietro por esse reconhecimento e pelas inúmeras conversas, conselhos, orientações, críticas e apoio sobre os temas afetos à pesquisa e sobre minha carreira. É, para mim, um exemplo de líder com elevado espírito público.

Ainda no contexto do MME, agradeço ao ex-Secretário de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, José Mauro Ferreira Coelho, por ter confiado em mim o desafio de compor o time do Ministério. No Departamento de Biocombustíveis, toda minha gratidão aos amigos e amigas do dia a dia de trabalho incansável em prol dos biocombustíveis no Brasil: Fábio da Silva Vinhado, Umberto Mattei, Marlon Arraes Jardim Leal, Lorena Mendes de Souza, Mariana Carriconde, Jhéssica Luz, Edie Andreeto Junior e Patrícia Soares.

Para além daqueles cujo convívio permearam meu ambiente profissional, não posso deixar de mencionar quem, em meu seio familiar e de amizades, desempenhou papel fundamental nesses anos. Agradeço aos meus Pais, Maria do Perpétuo Socorro Dias e Ronaldo Cabral Dutra, meu irmão, Rafael Torres Dias Dutra, minha tia Maria de Lourdes Cabral Dutra Menezes de Andrade, minha afilhada Maria Alice Cabral Dutra Menezes de

Andrade e minha prima Maria Theresa Pereira Dutra, por serem pilares fundamentais em minha vida. Estendo os agradecimentos também a todos os demais familiares.

Presto homenagem às amigas e aos amigos, que foram pacientes e apoiadores ao longo desse extenso período de doutoramento e que serviram de relevante suporte para que a jornada fosse a mais leve possível. Tributo especial agradecimento às amizades que, além do suporte, foram cruciais nesses últimos anos: Lara Cristina Pereira (Pelisca), Lívia Carolina Ferreira Martins (Nokêci), Maria Luiza França Coelho de Souza (Bad), Karina Cruz (Kariño), Gustavo Pacheco Gondim (Bey), Viviane Silva Ferreira, Cícero Augusto Araújo, Thiago Serrano, Nilson Coronin, Ana Cristina Serrão, Aquiles Mubarac, Bruno Alvarez, Diogo Bonifácio, Antônio Couto, Fernando Badauy, João Eládio Pereira e Silva, Murilo Messias, Bruno Hiluey, Cecília Diniz, Xavier André Paul Pernee, Marco Antônio de Araújo Costa (Marco Costes), Djane Senna, Anderson Augusto Teixeira Leal, Fábio Eudes Leal, Raphael Longo Oliveira Leite, Guilherme Alexsander, Carlos Alberto de Deus Júnior, Natália Vieira, Eraldo Azevedo, Victor Cavalcanti, Brenddo Washington Vêneto, Vitor Jorge Gonçalves Vasconcelos, Vinícius Rodrigues, Thiago Serrano Pinheiro de Souza, Paulo Vitor Riberto, Roberto Gonçalves, Diego Marmo, Melina Bassoli e Marcelo Almeida Quintão. Sem todos vocês, a caminhada teria sido muito mais difícil.

Enfim, encerro meus agradecimentos a todos os companheiros e companheiros do doutorado, em especial a amiga Paula Isabel da Costa Barbosa, com quem dividi os melhores debates e conversas ao longo da jornada. E, por fim, a todos os professores e à equipe de secretaria do Programa de Planejamento Energético da Coppe, que contribuíram para que o doutoramento fosse o melhor possível.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

ALCANCE DOS OBJETIVOS DO PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DO BIODIESEL ATRAVÉS DOS LEILÕES PÚBLICOS E PROPOSTA DE UM MODELO INTEGRADO DE ANÁLISE DO IMPACTO DO BIODIESEL NO BEM-ESTAR COM INCORPORAÇÃO DE EXTERNALIDADES

Renato Cabral Dias Dutra

Novembro/2022

Orientador: Prof. Lucio Guido Tapia Carpio, D.Sc.
Programa: Planejamento Energético

A presente tese buscou atender a três objetivos: (i) analisar o alcance dos objetivos institucionais do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) por meio dos leilões públicos de biodiesel; (ii) avaliar os leilões de biodiesel à luz da teoria econômica, com vistas a identificar as ineficiências desse modelo de comercialização; e (iii) propor um modelo de otimização de carteiras dos licitantes e um modelo integrado de análise do bem-estar com incorporação de externalidades envolvidas na produção e no uso do biodiesel. Inicialmente, os três objetivos do PNPB e dos leilões de biodiesel foram avaliados e correlacionados por meio de 17 indicadores de desempenho da política pública, que revelaram que o PNPB e os leilões cumpriram parcialmente seus objetivos, sendo identificadas oportunidades de revisão da política pública e da regulação, especialmente quanto ao Selo Biocombustível Social, à diversificação de matérias-primas para produção de biodiesel e à descontinuidade da política dos produtores de biodiesel de pequeno porte. Adicionalmente, a avaliação dos leilões de biodiesel à luz da teoria econômica revelou que os mesmos eram configurados como leilões do tipo Inglês, sequenciais, multiunidades, simétricos e com estrutura informacional sob o paradigma dos valores comuns e dos valores afiliados, descartado o paradigma dos valores privados independentes e confirmada a presença da maldição do vencedor. O modelo de otimização de carteiras baseado na metodologia de Markowitz indicou oportunidades de ganhos de eficiência alocativa nos leilões de biodiesel e permitiu construir uma metodologia para estimar a maldição do vencedor nos leilões, cuja ineficiência para a

sociedade brasileira situou-se ao redor de 2 bilhões de reais anuais. Por fim, foi apresentado um modelo de equilíbrio parcial de curto prazo dos mercados de biodiesel e de óleo diesel, estimados os resultados de bem-estar desses mercados para cenários de teores de biodiesel entre 0% e 20% e incorporadas três externalidades positivas relacionadas aos pilares do PNPB, sendo duas ambientais e uma social. Resultados demonstraram que o valor associado às externalidades que equalizaria um sobrepreço do biodiesel em relação ao óleo diesel, para os cenários de teor de biodiesel entre 6% e 15%, situa-se entre R$ 0,69 e R$ 0,74 por litro no cenário conservador e entre R$ 0,53 por litro e R$ 0,57 por litro no cenário otimista.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

ACHIEVEMENT OF THE OBJECTIVES OF THE BIODIESEL PRODUCTION AND USE NATIONAL PROGRAM THROUGH THE BIODIESEL PUBLIC AUCTIONS AND PROPOSAL OF AN INTEGRATED MODEL FOR ANALYSING THE IMPACT OF BIODIESEL ON WELLFARE WITH THE INCLUSION OF EXTERNALITIES

Renato Cabral Dias Dutra

November/2022

Advisor: Prof. Lucio Guido Tapia Carpio, D.Sc.
Department: Energy Planning

The present thesis has three goals: (i) assessing the achievement of the institutional objectives of the Biodiesel Production and Use National Program (PNPB) through the biodiesel public auctions; (ii) analyzing the biodiesel auctions in the light of economic theory in order to identify the inefficiencies of the commercialization model; and (iii) proposing a portfolio optimization model and a model integrating the welfare analysis and externalities involved in the production and use of biodiesel. Initially, the three objectives of the PNPB and the biodiesel auctions were evaluated and correlated through 17 performance indicators, which revealed that the PNPB and the auctions partially fulfilled their objectives, and opportunities were identified to review the public policy and the regulation, especially regarding the Social Biofuel Seal, the diversification of raw materials for biodiesel production and the discontinuity of the policy of small-scale biodiesel producers. Additionally, the evaluation of biodiesel auctions in the light of economic theory revealed that they were configured as English, sequential, multi-unit and symmetrical auction, whose informational structure was classified under the paradigm of common values and affiliated values, discarding the applicability of the independent private values paradigm and confirming the presence of the winner's curse. The results of the portfolio optimization model based on the Markowitz methodology showed opportunities for gains in allocative efficiency in the biodiesel auctions and allowed the

construction of a methodology to estimate the winner's curse, whose inefficiency for Brazilian society was around 2 billion reais per year. Finally, a short run partial equilibrium model for the biodiesel and diesel oil markets was presented, estimating the welfare results of these markets for scenarios of biodiesel contents between 0% and 20% and incorporating two environmental and one social positive externalities related to the PNPB pillars. The results showed that the value associated with externalities would equalize an overprice of biodiesel in relation to diesel oil, for biodiesel content between 6% and 15%, is between R$ 0.69 and R$ 0.74 per liter in the conservative scenario and between R$ 0.53 and R$ 0.57 per liter in the optimistic scenario.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Objetivos gerais da tese de doutorado 7

Figura 2. Questões a serem respondidas pela tese de doutorado 8

Figura 3. Estrutura geral da tese de doutorado 8

Figura 4. Exemplo do funcionamento dos leilões de biodiesel no Brasil 18

Figura 5. Fluxo de análise dos objetivos dos leilões de biodiesel e do PNPB 20

Figura 6. Evolução do quantitativo de usinas em operação e usinas participantes dos leilões 30

Figura 7. Capacidade autorizada de produção, média por usina 32

Figura 8. Evolução da capacidade produtiva, da produção e da capacidade ociosa das usinas 34

Figura 9. Evolução da renda anual média da agricultura familiar entre 2008 e 2020, em comparação com a evolução do número de famílias abrangidas pelo SBS e com preço da soja em grãos..... 50

Figura 10. Evolução da participação regional na produção de biodiesel entre 2005 e 2021 55

Figura 11. Evolução da distribuição regional das aquisições da agricultura familiar, nos arranjos do Selo Biocombustível Social 57

Figura 12. Relação de preços entre o óleo diesel fóssil e o biodiesel entre 2008 e 2021 74

Figura 13. Índices de concentração de mercado das usinas de biodiesel entre os leilões L26 e L82 78

Figura 14. Relação entre excedente de oferta e a ascensão dos preços nos leilões de biodiesel entre 2013 e 2019 80

Figura 15. Relação entre tempo de negociação e número de lances válidos nos leilões de biodiesel entre 2013 e 2019 83

Figura 16. Deságio entre o PMR e os preços iniciais médios, por leilão, entre 2013 e 2021 91

Figura 17. Diagramas de caixa sobre deságio entre os PMRs regionais e nacional e os preços iniciais nos leilões de biodiesel 93

Figura 18. Histograma e Curva de Kernel dos lances vencedores dos leilões L27 a L69 108

Figura 19. Funções de Densidade de probabilidade e de probabilidade acumulada dos lances "G3" e "Demais" dos leilões entre L27 e L69..... 111

Figura 20. Enquadramento dos leilões de biodiesel nos paradigmas informacionais ... 122

Figura 21. Diversificação regional e quantitativa das carteiras dos licitantes 146

Figura 22. Posição das carteiras reais dos licitantes em relação à fronteira eficiente .. 154

Figura 23. Comparação entre fronteira eficiente e carteiras reais dos licitantes, segregada por clusters de demanda 156

Figura 24. Evolução da taxa de câmbio entre 2017 e 2021 166

Figura 25. Evolução das cotações do óleo de soja no mercado futuro internacional ... 166

Figura 26. Passos metodológicos para construção do modelo integrado de análise de bem-estar com incorporação das externalidades 172

Figura 27. Curva de oferta da indústria de biodiesel em julho de 2021 195

Figura 28. Comportamento dos componentes do preço do óleo diesel B ao longo da cadeia de abastecimento 197

Figura 29. Evolução das margens médias da distribuição e da revenda entre 2013 e 2021 199

Figura 30. Dinâmica de funcionamento do modelo de equilíbrio parcial de mercado . 204

Figura 31. Evolução dos preços e quantidades negociadas de CBIOs na B3 entre 15/06/2020 e 18/04/2022 218

Figura 32. Fluxo de mensuração e monetização da externalidade positiva do uso de biodiesel sobre a saúde pública 223

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Evolução do mandato oficial biodiesel no óleo diesel entre 2006 e 2021 14

Tabela 2. Mudanças estruturais de regras nos leilões de biodiesel entre 2006 e 2021 ... 16

Tabela 3. Objetivos institucionais dos leilões de biodiesel e do PNPB 21

Tabela 4. Detalhamento dos indicadores para avaliação dos objetivos dos leilões de biodiesel 24

Tabela 5. Correlação entre variáveis de avaliação dos objetivos dos leilões de biodiesel com os objetivos do PNPB 26

Tabela 6. Taxas de crescimento anual dos mercados de biodiesel e diesel em relação ao PIB entre 2008 e 2021 27

Tabela 7. Evolução das participações dos grupos de matérias-primas na produção de biodiesel entre 2005 e 2021 38

Tabela 8. Evolução das participações das matérias-primas na produção de biodiesel entre 2018 e 2021 40

Tabela 9. Distribuição regional das matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel em 2021..... 42

Tabela 10. Participação do Selo Biocombustível Social nas usinas ofertantes nos leilões de biodiesel entre 2013 e 2021 46

Tabela 11. Participação da agricultura familiar na produção de soja em 2006 e 2017..... 48

Tabela 12. Evolução da participação regional na produção de biodiesel entre 2005 e 2021 54

Tabela 13. Valor das matérias-primas adquiridas da agricultura familiar nos arranjos do Selo Biocombustível Social 59

Tabela 14. Variação da representatividade do volume de vendas de biodiesel pelos produtores de pequeno porte, nos leilões L78 a L82 67

Tabela 15. Comparação do preço de venda de biodiesel dos produtores de biodiesel de pequeno porte e dos demais produtores, nos leilões L78 a L82 68

Tabela 16. Comparação do faturamento dos produtores de biodiesel de pequeno porte e dos demais produtores, nos leilões L78 a L82 69

Tabela 17. Coeficiente de Correlação de Pearson entre as variáveis determinantes da ascensão de preços nos leilões de L28 a L69 84

Tabela 18. Modelo de regressão da ascensão de preços nos leilões de biodiesel por mínimos quadrados em dois estágios (MQ2E) 85

Tabela 19. Resumo das inabilitações nos leilões de biodiesel entre 2013 e 2021 96

Tabela 20. Motivos de inabilitação nos leilões de biodiesel entre o L28 e o L82 97

Tabela 21. Frequência das inabilitações e impacto na capacidade de oferta entre os leilões L28 e L82 98

Tabela 22. Análise integrada dos resultados dos indicadores de avaliação do alcance dos objetivos institucionais dos leilões de biodiesel e do PNPB 100

Tabela 23. Estatística Descritiva dos lances vencedores dos leilões entre o L27 e L69 107

Tabela 24. Lances agrupados dos leilões L27 a L69, segregados pelo número de licitantes 110

Tabela 25. Teste Kolmogorov-Smirnov para duas amostras dos leilões L27 a L69 116

Tabela 26. Teste de igualdade de médias entre séries dos leilões L27 a L69 116

Tabela 27. Regressão dos lances vencedores sobre o número de licitantes por Mínimos Quadrados Ordinários 121

Tabela 28. Dados agregados sobre os leilões de biodiesel entre 2013 e 2019 137

Tabela 29. Participações dos ofertantes e dos licitantes nos leilões de biodiesel em 2018 e 2019 140

Tabela 30. Taxonomia dos distribuidores por faixas de demanda nos leilões entre 2018 e 2019 142

Tabela 31. Taxonomia dos ofertantes nos leilões entre 2018 e 2019 144

Tabela 32. Composição da carteira eficiente de risco mínimo de um licitante dos leilões de biodiesel 148

Tabela 33. Comparação da composição regional das carteiras dos licitantes em relação à carteira de risco mínimo, por faixa de demanda representativa 152

Tabela 34. Comparação entre medidas estatísticas de tendência central do risco e do custo das carteiras 158

Tabela 35. Estimativa do valor da maldição do vencedor a partir dos resultados do modelo de otimização de carteiras 160

Tabela 36. Descrição da base de dados utilizada para implementação do modelo 177

Tabela 37. Estimação da curva de demanda através de quatro modelos estatísticos 183

Tabela 38. Regressão das variáveis instrumentais sobre o preço de revenda do óleo diesel ao consumidor final 185

Tabela 39. Capacidades autorizadas e custos marginais de produção das usinas de biodiesel 193

Tabela 40. Custos marginais médios da indústria de biodiesel 194

Tabela 41. Decomposição do preço do óleo diesel B no mês de julho de 2021 200

Tabela 42. Valores de entrada das variáveis independentes exógenas da Equação 15, em reais por litro 202

Tabela 43. Resultado das simulações do equilíbrio parcial nos mercados de biodiesel e de óleo diesel B 205

Tabela 44. Análise das variações percentuais dos preços de equilíbrio de biodiesel e de óleo diesel B com a variação do teor de biodiesel 205

Tabela 45. Excedente do consumidor para os cenários de teores de biodiesel entre 0% e 20% 209

Tabela 46. Excedente do produtor de biodiesel para os cenários de teores de biodiesel entre 0% e 20% 210

Tabela 47. Variações dos lucros dos distribuidores e dos revendedores de combustíveis líquidos para os cenários de teores de biodiesel entre 6% e 20% 211

Tabela 48. Resultado da análise de bem-estar para os cenários de teores de biodiesel entre 6% e 20%, em comparação ao cenário base de 0% 212

Tabela 49. Metas anuais de emissões de CBIOs 215

Tabela 50. Características do biodiesel no Renovabio 216

Tabela 51. Monetização das externalidades positivas pela redução de emissões de GEE, em R$/mês 221

Tabela 52. Impacto econômico e na saúde pública pela redução de emissões de particulados devido ao uso de biodiesel na RMSP 225

Tabela 53. Principais resultados da agricultura familiar sob o arranjo do Selo Biocombustível Social, em valores nominais 230

Tabela 54. Quantificação da externalidade positiva social da produção de biodiesel sobre a agricultura familiar 231

Tabela 55. Resultado do modelo integrado de análise de bem-estar com incorporação das externalidades (mensal) 233

Tabela 56. Resultado do modelo integrado de análise de bem-estar com incorporação das externalidades (anual) 234

Tabela 57. Mensuração de valor das externalidades associadas ao biodiesel 236

Tabela 58. Mensuração do sobrepreço máximo do biodiesel para equalizar o resultado do modelo integrado, em reais por litro 237

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Estatística Kolmogorov-Smirnov 115

Equação 2. Especificação paramétrica da dinâmica concorrencial dos leilões de biodiesel 120

Equação 3. Vetor de pesos dos ativos de uma carteira 134

Equação 4. Somatório de pesos dos ativos de uma carteira 134

Equação 5. Demanda pelo ativo de uma carteira 134

Equação 6. Condição para alocação de ativos em uma carteira 135

Equação 7. Custo unitário da carteira 135

Equação 8. Risco da carteira (expressão extensiva) 135

Equação 9. Risco da carteira (expressão reduzida) 136

Equação 10. Função representativa da demanda por óleo diesel B 181

Equação 11. Curva de demanda por óleo diesel B 182

Equação 12. Curva de oferta da indústria de biodiesel 191

Equação 13. Curva de oferta das usinas de biodiesel do Grupo 1 192

Equação 14. Curva de oferta das usinas de biodiesel do Grupo 2 192

Equação 15. Equação do preço de revenda do óleo diesel B 201

Equação 16. Equação do volume de biodiesel em função do óleo diesel B 203

Equação 17. Equação do bem-estar 207

Equação 18. Fórmula do fator de emissão de CBIOs na produção de biodiesel 218

Equação 19. Variação do valor total de emissão de CBIOs com a alteração do teor de biodiesel 219

Equação 20. Despesa com saúde pública evitada com a adição de um ponto percentual de biodiesel 227

ÍNDICE

1. Introdução 1

1.1. Contexto 1

1.2. Motivação, objetivos e estrutura da pesquisa 4

1.2.1. Justificativas para a pesquisa 4

1.2.2. Objetivos gerais da pesquisa 6

1.2.3. Questões a serem respondidas 7

1.2.4. Estrutura geral da Tese 8

2. Leilões de biodiesel e o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB): avaliação do alcance dos objetivos institucionais ... 11

2.1. O PNPB e os leilões de biodiesel no Brasil: breve histórico 12

2.1.1. Revisão da literatura sobre o PNPB 12

2.1.2. Regras de funcionamento dos leilões de biodiesel no Brasil 14

2.2. Metodologia e base de dados 19

2.2.1. Etapa 1: identificação dos objetivos institucionais dos leilões de biodiesel e do PNPB 20

2.2.2. Etapa 2: seleção de indicadores quantitativos para avaliação dos objetivos dos leilões de biodiesel 21

2.2.3. Etapa 3: correlação dos resultados dos indicadores dos leilões de biodiesel com os objetivos do PNPB 26

2.3. Resultados e discussões 27

2.3.1. A cadeia produtiva e a garantia de fornecimento de biodiesel 27

2.3.1.1. Indicador (1.a): taxas de crescimento do PIB e das vendas de biodiesel e de óleo diesel 27

2.3.1.2. Indicadores (1.b), (1.c) e (1.d): participação das usinas nos leilões e evolução das capacidades produtiva e ociosa 29

2.3.1.3. Indicador (1.e): grau de diversificação das matérias-primas usadas na produção de biodiesel 38

2.3.1.4. Indicador (1.f), (1.g) e (1.h): adesão de usinas ao Selo Biocombustível Social (SBS), comparação da participação regional na produção de biodiesel e na aquisição de matérias-primas no âmbito do SBS, e evolução da diversificação da matéria-prima adquiridas no âmbito do SBS 46

2.3.1.5. Indicadores (1.i), (1.j) e (1.k): evolução dos volumes, dos preços e do faturamento dos produtores de biodiesel de pequeno porte em comparação com os demais produtores 66

2.3.2. Viabilização da competição 73

2.3.2.1. Indicador (2.a): preços relativos entre o biodiesel e o óleo diesel fóssil 73

2.3.2.2. Indicador (2.b): índices de concentração de mercado das usinas participantes dos leilões 76

2.3.2.3. Indicador (2.c): determinantes da dinâmica de negociação e de ascensão dos preços no leilão 79

2.3.3. Redução das barreiras à entrada de novos agentes 87

2.3.3.1. Indicador (3.a): deságios entre os Preços Máximos de Referência (PMR) e os preços iniciais de negociação 88

2.3.3.2. Indicadores (3.b) e (3.c): inabilitações dos produtores nos leilões de biodiesel 93

2.4. Considerações finais 99

3. Análise econômica dos leilões de biodiesel 101

3.1. Os leilões de biodiesel no Brasil: funcionamento e enquadramento econômico-teórico 101

3.2. Revisão da literatura 103

3.3. Base de dados e estatística descritiva dos lances vencedores 106

3.4. Investigação sobre presença de assimetria entre licitantes 108

3.5. Investigação sobre o paradigma informacional aplicável aos leilões de biodiesel 117

3.6. Implicações econômicas sobre a eficiência do modelo dos leilões de biodiesel e a maldição do vencedor 123

4. Análise das estratégias dos licitantes e desenvolvimento de um modelo de otimização de carteiras 129

4.1. Considerações iniciais acerca das estratégias dos licitantes 129

4.2. Metodologia 131

4.2.1. Taxonomia dos licitantes 132

4.2.2. Modelo de otimização baseado na média-variância para identificação de carteiras eficientes 133

4.2.3. Fronteira eficiente das carteiras 136

4.3. Base de dados 136

4.4. Resultados e discussões 141

4.4.1. Taxonomia dos ofertantes e dos licitantes 141

4.4.2. Resultados do modelo de otimização baseado na média-variância para identificação de carteiras eficientes de risco mínimo 148

4.4.3. Fronteira eficiente das carteiras 153

4.5. Estimativa do valor da maldição do vencedor a partir dos resultados do modelo de otimização de carteiras 159

5. Modelo integrado de análise de bem-estar com incorporação de externalidades 162

5.1. Contexto 162

5.1.1. A possibilidade de redução temporária do teor de mistura de biodiesel pela ANP e pelo CNPE 163

5.1.2. A importância de um modelo de análise do impacto do biodiesel sobre o bem-estar com incorporação de externalidades 169

5.2. Metodologia 171

5.2.1. Estimação das curvas de demanda e de oferta e análise estática do equilíbrio parcial do mercado de óleo diesel 173

5.2.2. Mensuração das externalidades positivas da produção e do consumo de biodiesel 175

5.2.3. Análise de bem-estar com incorporação das externalidades 176

5.2.4. Descrição da base de dados 177

5.3. Estimação da Curva de Demanda 181

5.3.1. Modelos adotados para estimação da curva de demanda 181

5.3.2. Interpretação dos resultados de estimação dos modelos propostos 183

5.3.3. Seleção do modelo representativo da curva de demanda 187

5.4. Estimação da Curva de Oferta 189

5.5. Equilíbrio Parcial de Mercado e Análise de Bem-Estar 196

5.5.1. Equilíbrio Parcial de Mercado 196

5.5.1.1. Premissas 196

5.5.1.2. Definição do Modelo de Equilíbrio Parcial 201

5.5.2. Análise do impacto do teor de biodiesel sobre os excedentes do produtor e do consumidor 207

5.6. Mensuração das Externalidades 213

5.6.1. Externalidade positiva ambiental no consumo de biodiesel: redução de emissões de gases de efeito estufa 213

5.6.2. Externalidade positiva ambiental no consumo de biodiesel: despesa com saúde pública evitada 222

5.6.3. Externalidade positiva social na produção de biodiesel: agricultura familiar inserida no arranjo do Selo Biocombustível Social 228

5.7. Resultados do modelo integrado de análise de bem-estar com incorporação de externalidades 232

6. Conclusões 238

7. Referências bibliográficas 254

8. Anexos 276

1. Introdução

1.1. Contexto

Ao contrário dos países desenvolvidos, a história do biodiesel na matriz energética brasileira é recente: até o ano de 2005 a produção nacional não ultrapassava mil metros cúbicos. Visando corrigir esta defasagem, em 2005 foi promulgada lei que introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira por meio do Programa Nacional da Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). Segundo informação da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), esse programa interministerial visava à implementação da produção e do uso do biodiesel de forma sustentável, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional [1].

A mistura do biodiesel no óleo diesel apresenta vantagem de uso conjunto devido à similaridade das propriedades físico-químicas do biodiesel em relação ao óleo diesel A (produzido a partir de processos de refino de petróleo). Esse fato foi corroborado por MAHMUDUL *et al.* [2] ao analisarem a produção, a caracterização e o desempenho do biodiesel como combustível alternativo para uso em motores do ciclo diesel, demonstrando que, além da adequação das propriedades, o biodiesel é um tipo de combustível que agrega vantagens ao combustível fóssil por ser renovável, biodegradável e lubrificante.

Após a institucionalização do PNPB, o mercado de biodiesel cresceu expressiva e continuamente devido à conjunção de dois fatores: os sucessivos aumentos da mistura obrigatória de biodiesel no óleo diesel através de mandato e a adoção de uma sistemática de leilões públicos. Os leilões serviram como meio para a implementação dos objetivos do PNPB no que tange à temática de comercialização do biodiesel.

Nesse contexto, enquanto os aumentos dos percentuais de mistura obrigatória de biodiesel no óleo diesel buscavam garantir uma demanda previsível para viabilizar a expansão e a diversificação da capacidade produtiva de biodiesel, os leilões públicos introduziam uma maior competição pelo produto e determinação de preço de equilíbrio favorável a ofertantes e consumidores. É nesse contexto, de acordo com a ANP [3], que a produção anual de biodiesel saltou de 1 mil metros cúbicos em 2005 para 6.758 mil metros cúbicos em 2021.

Esse desenvolvimento nacional do mercado de biodiesel foi na contramão do verificado mundialmente, após meados de 2014, quando os preços do petróleo no mercado internacional declinaram expressivamente [4]. WILKINSON e HERRERA [5] argumentam que, já após a crise financeira global de 2008, o Brasil passou a assumir posição de protagonismo na promoção dos biocombustíveis, tendo seus programas ocupado posição central nos debates globais acerca do assunto e da possibilidade de criação de um mercado global de biocombustíveis. Como consequência, o Brasil representa atualmente relevância global consolidada no setor [6].

O advento das determinações do Acordo de Paris e de três normas exaradas em âmbito federal sedimentaram a política pública do biodiesel por meio da ampliação do percentual de mistura obrigatória no óleo diesel. As três normas foram: (i) a Lei nº 13.033/2014, que regulamentou o teor de mistura obrigatória até 10% e colocou as condições para sua evolução até 15%; (ii) a Resolução CNPE nº 16/2018, que formalizou o cronograma de evolução do teor de biodiesel de 10% para 15%; e (iii) a Lei nº 13.576/2017, que instituiu a Política Nacional de Biocombustíveis – chamada Renovabio – sedimentaram a política pública do biodiesel por meio da ampliação do percentual de mistura obrigatória no óleo diesel. OLIVEIRA e COELHO [7], nesse âmbito, avaliam que o biodiesel no Brasil deve avançar mais rapidamente com o advento do Renovabio. Devido ao fato de a maior parte do biodiesel produzido no Brasil ser usado para misturar no óleo diesel, a formação do preço final do óleo diesel é afetada significativamente pelo preço do biocombustível.

Nacionalmente, a comercialização do biodiesel entre 2008 e 2021 foi realizada por meio de leilões públicos organizados pela ANP, observando as diretrizes gerais estabelecidas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e as regulamentações sobre o formato, bem como sobre as finalidades e as regras, determinados pelo Ministério de Minas e Energia (MME). As resoluções da ANP referentes às regras de comercialização do biodiesel iam ao encontro dessas diretrizes e institucionalizaram a sistemática dos leilões de biodiesel, que eram detalhados em editais públicos.

A partir de 1º de janeiro de 2022, porém, ocorreu o fim dos leilões públicos de biodiesel, conforme estabelecido pela Resolução CNPE n° 14, de 9 de dezembro de 2020. Essa Resolução determinou, no art. 1º, que todo biodiesel necessário para atendimento ao percentual obrigatório de que trata a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, fosse

contratado mediante modelo de comercialização em substituição aos leilões públicos, para atendimento da mistura obrigatória de biodiesel no óleo diesel. A regulamentação desse novo modelo foi realizada pela ANP por meio da Resolução ANP nº 857, de 28 de outubro de 2021, pela qual os leilões passam a ser substituídos pela negociação direta entre produtores de biodiesel e distribuidores de combustíveis.

Ao longo das duas últimas décadas, portanto, a sistemática de comercialização do biodiesel, que entre 2008 e 2021 foi realizada por meio de leilões públicos, suportou o crescimento do mercado brasileiro de biodiesel. Nesse processo, os leilões públicos permitiram acumular informações a respeito do comportamento dos ofertantes (os produtores) e dos demandantes (os distribuidores), permitindo o enquadramento econômico dos leilões de biodiesel à luz da teoria econômica, bem como a avaliação sobre sua eficiência como mecanismo alocativo. Dessas análises é possível não somente mensurar os resultados da política pública do biodiesel, como também identificar e propor melhorias nas regras.

Os leilões de biodiesel no Brasil representaram mecanismos singulares de comercialização deste biocombustível em todo o mundo. Conforme dados da Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA) e da Agência Internacional de Energia (AIE), não havia outro país que usasse leilões para fornecer biodiesel para fins de transporte, tornando o caso do Brasil único [8, 9, 10, 11]. No setor de transportes, a política pública de apoio econômico aos biocombustíveis costuma ser baseada numa combinação de incentivos fiscais e mandatos de mistura obrigatória em combustíveis fósseis [12, 13, 14]. Embora vários países tenham estabelecido leilões como mecanismo de mercado no setor de bioenergia, a maioria deles atende a outros propósitos: geração de eletricidade, avanços no comércio de biocombustíveis, como o etanol celulósico e licenças de carbono [15, 16, 17, 18, 19, 20].

Embora os leilões de biodiesel no Brasil tenham existido por mais de uma década (2008 a 2021), são poucos os estudos que avaliam a eficiência de suas regras e os resultados de sua dinâmica competitiva. A literatura sobre biodiesel no Brasil, apesar de ampla, é especializada principalmente em cinco temas: produção e uso de biodiesel em comparação ao etanol [21, 22, 23, 24]; aspectos sociais e ambientais do biodiesel [25, 26, 27]; impacto do biodiesel na matriz energética brasileira [28, 29]; diversidade de matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel [30, 31, 32, 33, 34, 35, 36]; e os resultados do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel [37, 38, 39, 40, 41].

Assim, desenvolver a literatura sobre a análise econômica dos comportamentos dos participantes dos leilões de biodiesel e da avaliação da eficiência alocativa constitui uma relevante contribuição trazida pelo presente estudo, especialmente para avaliar o desempenho da política pública do biodiesel no âmbito da estratégia de comercialização adotada.

Além das oportunidades trazidas pela análise econômica dos leilões de biodiesel e pelo potencial que os achados do estudo desse mecanismo têm em contribuir para o aprimoramento dessa política pública no Brasil, a implementação do novo modelo de comercialização do biodiesel, em substituição aos leilões públicos, de 2022 em diante, também têm seus próprios desafios.

Em relação ao novo modelo de comercialização, o contexto criado pela nova sistemática fez emergir um problema de política pública a partir de janeiro de 2022: a ausência de uma metodologia para avaliar, de modo previsível e transparente, o impacto do teor de biodiesel sobre o bem-estar, em situações que exijam a aplicação da norma de redução excepcional da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel como dispõe o art. 1°, parágrafo único da Lei n° 13.033/2014. Enquanto vigoraram os leilões públicos, o CNPE, nas quatro circunstâncias nas quais exercitou sua competência legal em cumprimento ao dispositivo supramencionado, balizou tecnicamente suas decisões a partir de metodologia específica para a análise dos impactos econômicos da alteração do teor de biodiesel, no ambiente competitivo do leilão público. Num cenário de livre negociação e contratação entre as partes, que caracteriza o novo modelo de comercialização implementado a partir de 1° de janeiro de 2022, emerge como relevante a mensuração do impacto do uso do biodiesel sobre o bem-estar e o cômputo de seu valor para a sociedade através da internalização das externalidades advindas de sua produção e de seu consumo.

1.2. Motivação, objetivos e estrutura da pesquisa

1.2.1. Justificativas para a pesquisa

Diante do contexto de evolução do mercado de biodiesel desde 2005, do desempenho dos leilões públicos (como mecanismo de comercialização do biodiesel de 2008 a 2021), e dos desafios atuais para o novo modelo de comercialização de biodiesel (após 2022), a presente pesquisa é justificada com base nos seguintes argumentos:

i. *Escassez de estudos econométricos sobre os leilões de biodiesel no Brasil*: o mercado de biodiesel e a sistemática dos leilões de biodiesel, foram pouco pesquisados à luz da teoria econômica dos leilões e do embasamento estatístico e econométrico, ao contrário dos processos dos leilões de energia elétrica. Desse modo, o ineditismo da presente pesquisa reside na oportunidade de se conferir maior robustez técnica às análises dos leilões de biodiesel sob a luz do ferramental econométrico, com vistas ao enquadramento teórico dos leilões de biodiesel, à avaliação da contribuição dos leilões para o alcance dos objetivos do PNPB, à proposição de melhorias nas regras regulatórias vigentes e à consolidação dos aprendizados para futuras políticas públicas que venham a adotar a sistemática de leilões públicos.

ii. *Robustez da base de dados sobre os leilões de biodiesel*: a base de dados existente sobre os resultados dos leilões de biodiesel é robusta e cobre uma diversidade relevante de variáveis que permitem avaliar o desempenho econômico do processo. Porém, essa base é ainda pouco explorada pela literatura e pelo próprio governo federal, carecendo de um aprofundamento pela comunidade científica de análises sobre o tema. Esses dados permitem averiguar, de modo inédito, se os leilões foram capazes de promover um ambiente competitivo entre os agentes, em benefício dos ofertantes e dos consumidores, e quais alternativas são aplicáveis para incrementar esses benefícios.

iii. *Potencialidade para influenciar a política pública federal e a regulação do mercado de biodiesel*: a presente pesquisa, realizada por pesquisador oriundo da ANP, servindo no MME e que trabalhou, durante o período de realização da tese diretamente com o tema da comercialização do biodiesel, tem o condão prático de não apenas avaliar a política pública e a regulação, como também de propor a adequação das regras existentes, com vistas à melhoria do programa nacional do biodiesel, a partir de um embasamento técnico detalhado.

iv. *Necessidade de um modelo de análise do impacto do biodiesel sobre o bem-estar de modo integrado com a valoração das externalidades envolvidas em sua produção e seu uso*: o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) apresenta como pilares o econômico, o social e o ambiental. Esses pilares advêm dos impactos que o uso do biodiesel tem sobre o mercado, no caso do pilar econômico, e das externalidades geradas por sua produção e uso. Apesar dessa

diretriz, não há, atualmente, uma metodologia para apresentar os resultados dessa política pública de modo integrado; assim, a presente pesquisa propõe um modelo que permita a realização dessa análise.

v. *Adequação do problema às áreas de concentração e linhas de pesquisa do PPE*: a presente tese, além da pertinência temática em termos de inovação, tem adequação face às áreas de concentração "Economia da Energia" e "Modelos Energéticos" e às linhas de pesquisa do programa relacionadas ao "desenvolvimento de modelos para o planejamento energético", "estudos sobre reformas institucionais do setor energético" e "regulação dos mercados energéticos".

1.2.2. Objetivos gerais da pesquisa

À luz das justificativas apresentadas, os objetivos gerais desta tese são:

i. Em relação ao alcance dos objetivos institucionais do PNPB e dos leilões de biodiesel (2005 a 2021):

   a. *(Objetivo 1)* Avaliar o alcance dos objetivos institucionais do PNPB e dos leilões de biodiesel; e

   b. *(Objetivo 2)* Identificar oportunidades de melhoria na política pública e na regulação do biodiesel.

ii. Em relação ao modelo de comercialização de biodiesel através dos leilões públicos (2008 a 2021):

   a. *(Objetivo 3)* Avaliar a eficiência do desenho dos leilões de biodiesel, no que tange à viabilização da competição pelo produto, com vistas a um ótimo econômico que remunere adequadamente os produtores e beneficie os consumidores;

   b. *(Objetivo 4)* Propor melhorias em relação ao desenho dos leilões de biodiesel e às regras de comercialização do biodiesel no Brasil; e

   c. *(Objetivo 5)* Propor um modelo que mitigue as ineficiências competitivas dos leilões de biodiesel.

iii. Em relação à determinação do valor de biodiesel na mistura ao óleo diesel no contexto do novo modelo de comercialização de biodiesel (2022 em diante):

a. *(Objetivo 6)* Propor um modelo integrado de análise do impacto do biodiesel no bem-estar e que incorpore as externalidades geradas pela sua produção e uso no ciclo diesel.

Esses objetivos são sumarizados na Figura 1 a seguir.

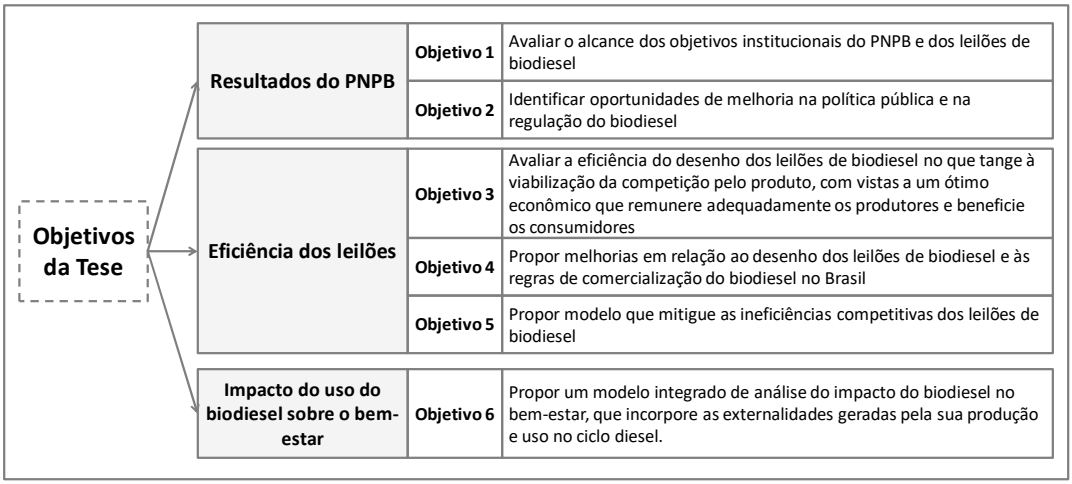


Figura 1. Objetivos gerais da tese de doutorado.

1.2.3. Questões a serem respondidas

Com vistas ao alcance dos objetivos da pesquisa, elencam-se quatro perguntas:

i. *(Questão 1)* Em que medida os objetivos institucionais do PNPB foram alcançados e quais as oportunidades de melhoria da política pública e da regulação do biodiesel?

ii. *(Questão 2)* A sistemática dos leilões públicos viabilizou o atendimento das diretrizes do PNPB por meio da garantia do fornecimento de biodiesel e da promoção da competição pelo biodiesel, com vistas a um ótimo econômico e a um preço que remunere adequadamente os produtores e que beneficie os consumidores?

iii. *(Questão 3)* Quais são as principais ineficiências dos leilões de biodiesel, quais são seus impactos para a sociedade e quais as possíveis soluções para essas ineficiências?

iv. *(Questão 4)* Quais os impactos do uso do biodiesel sobre o bem-estar e que modelo integrado de análise de bem-estar, que incorpore as externalidades

geradas pela produção e pelo uso do biodiesel, pode explicar o mercado de biodiesel no curto prazo?

Essas perguntas se relacionam com os objetivos gerais da tese conforme Figura 2.

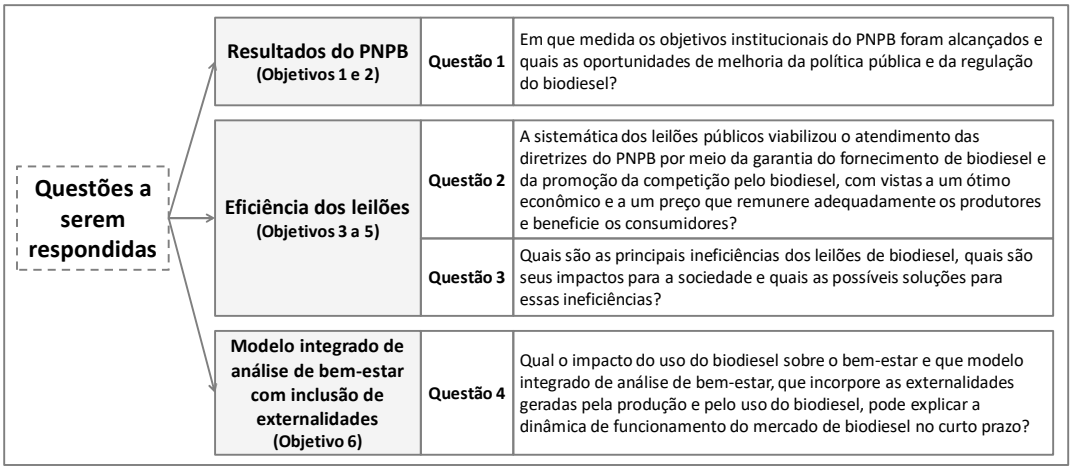


Figura 2. Questões a serem respondidas pela tese de doutorado.

1.2.4. Estrutura geral da Tese

O contexto da política pública brasileira para o biodiesel, em termos gerais, e do modelo escolhido para sua comercialização (seja através de leilões públicos entre 2008 e 2021 ou da negociação direta de 2022 em diante), em termos específicos, em conjunto com as justificativas, os objetivos da pesquisa e as questões a serem respondidas, levam à organização da presente tese em seis capítulos, conforme estrutura mostrada na Figura 3.

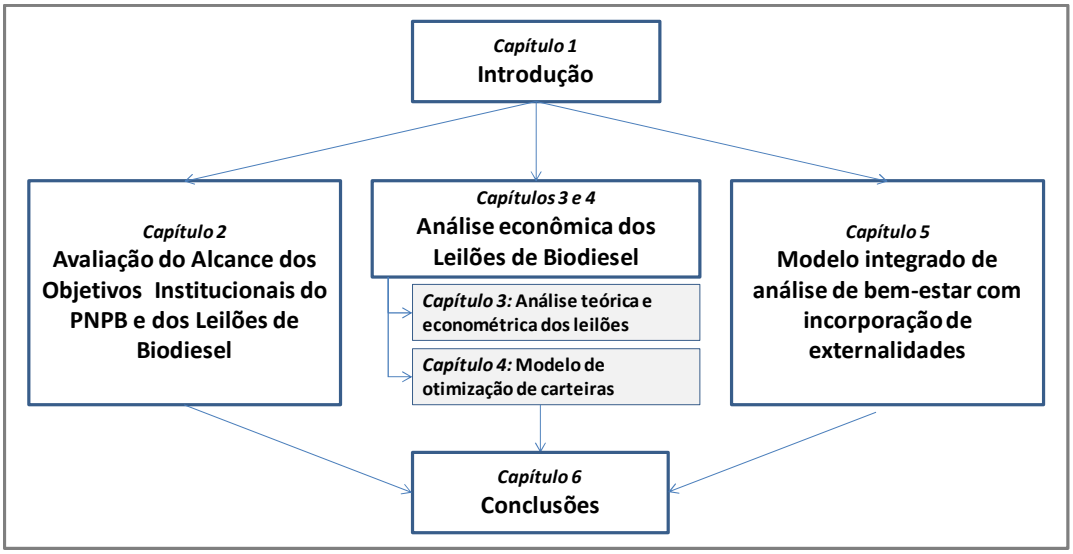


Figura 3. Estrutura geral da tese de doutorado.

Além deste primeiro capítulo introdutório, esta tese é composta por quatro capítulos de desenvolvimento, os quais buscam responder às perguntas de pesquisa com vistas a alcançar os objetivos enunciados, e por um capítulo final de conclusão.

O Capítulo 2, intitulado "Leilões de biodiesel e o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB): avaliação do alcance dos objetivos institucionais", traz um balanço dos resultados do PNPB e dos leilões de biodiesel em face dos objetivos que a política pública visava atender. Inicialmente, realiza-se uma revisão da literatura sobre o PNPB e detalham-se as regras de funcionamento dos leilões de biodiesel no Brasil (Seção 2.1). Na sequência, (i) identificam-se os objetivos institucionais dos leilões de biodiesel e do PNPB, (ii) selecionam-se e apuram-se indicadores quantitativos para avaliar o alcance dos objetivos dos leilões e, por fim, (iii) correlacionam-se esses resultados com os objetivos do PNPB (Seções 2.2 e 2.3). Por fim, tecem-se considerações finais consolidando os principais achados da análise realizada (Seção 2.4).

O Capítulo 3 é intitulado "Análise econômica dos leilões de biodiesel" e visa a caracterizar os leilões de biodiesel à luz da teoria econômica dos leilões para identificar implicações acerca da eficiência desse mecanismo de comercialização. Inicia-se com uma descrição do funcionamento e do enquadramento teórico dos leilões de biodiesel (Seção 3.1) e com uma revisão da literatura sobre o programa de biodiesel no Brasil e sobre leilões abertos, ascendentes, sequenciais e multiunidades, características que descrevem o caso brasileiro (Seção 3.2). Em seguida, passa-se a uma análise detalhada da base de dados referente aos lances dados pelos licitantes nos leilões de biodiesel, consolidando estatísticas descritivas das informações (Seção 3.3). Com base nos dados, investiga-se a presença de assimetria entre os licitantes (Seção 3.4) e identifica-se o paradigma informacional aplicável aos leilões (Seção 3.5), caracterizando os certames de biodiesel conforme a teoria econômica. Essa caracterização, por sua vez, traz implicações econômicas sobre a eficiência do modelo dos leilões, as quais são exploradas ao final do capítulo (Seção 3.6).

O Capítulo 4, nominado "Análise das estratégias dos licitantes e desenvolvimento de um modelo de otimização de carteiras", busca analisar o comportamento dos licitantes nos leilões (Seção 4.1) para se construir um modelo de otimização de portfólios que, ao mesmo tempo, torne a ação de licitantes mais eficiente e mitigue a ineficiências dos leilões, identificadas no capítulo anterior. Metodologicamente, são propostos três passos: primeiro, cria-se uma taxonomia para os licitantes; segundo, descreve-se um modelo de

otimização biobjetivo baseado na média-variância, visando à identificação de carteiras eficientes; e, terceiro, explica-se a construção da fronteira eficiente das carteiras dos licitantes (Seção 4.2). Por fim, apresenta-se e explica-se a base de dados (Seção 4.3), sendo os resultados da modelagem discutidos na sequência, destacando-se as implicações para a política pública do biodiesel (Seções 4.4 e 4.5).

O Capítulo 5, último referente ao desenvolvimento da tese, intitula-se "Modelo integrado de análise de bem-estar com incorporação de externalidades" e visa a propor uma metodologia que contemple uma análise do impacto do uso do biodiesel sobre o bem-estar, integrando ao resultado as principais externalidades envolvidas na produção e no uso do biodiesel. Para isso, descreve-se o contexto de possibilidade de redução temporária do teor de biodiesel e a necessidade de um modelo de análise do impacto do biodiesel sobre o bem-estar com incorporação de externalidades (Seção 5.1). A metodologia é descrita na sequência (Seção 5.2) e baseia-se num modelo de equilíbrio parcial de curto prazo, no qual as curvas de oferta e de demanda do mercado são estimadas e as externalidades são mensuradas, conduzindo a uma análise de bem-estar integrada. A implementação das estimações e das análises é realizada nas seções seguintes (Seções 5.3 a 5.6), apresentando-se o modelo integrado ao final do capítulo (Seção 5.7).

Por fim, o Capítulo 6, apresenta as principais conclusões dos capítulos anteriores, indicando as contribuições e limitações gerais da tese, bem como possíveis temas para futuras pesquisas.

2. Leilões de biodiesel e o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB): avaliação do alcance dos objetivos institucionais

O presente capítulo busca analisar em que medida os leilões de biodiesel alcançaram seus objetivos e se, nesse ínterim, contribuíram para o êxito do PNPB. Para realizar essa análise, propõem-se, como metodologia, três procedimentos. O primeiro deles envolve a sistematização dos objetivos dos leilões de biodiesel no Brasil, a partir de análise das legislações e atos normativos infralegais vigentes, dos editais dos leilões de biodiesel e das notas técnicas produzidas pela ANP sobre o tema. Essa sistematização é também uma contribuição deste estudo, haja vista que não existe definição desses objetivos, de maneira explícita, nos principais documentos sobre os leilões.

O segundo procedimento identifica um conjunto de variáveis que permitem avaliar, quantitativamente, o desempenho dos leilões de biodiesel por meio de uma análise dos indicadores ao longo do período entre 2008 e 2021. O terceiro procedimento, por fim, estabelece a correlação dessas variáveis com os objetivos do PNPB, com vistas a avaliar o alcance dos resultados do programa.

Esta pesquisa apresenta relevante contribuição para a literatura sobre o assunto, principalmente porque, embora existam estudos que avaliem o desempenho do PNPB, é o primeiro que investiga o alcance de seus objetivos por meio de indicadores derivados dos leilões de biodiesel. O presente estudo também apresenta uma contribuição metodológica ao estruturar os objetivos dos leilões em uma taxonomia que permita mensurar seus resultados e, ao mesmo tempo, vinculá-los aos objetivos do PNPB, no qual os leilões se inserem.

Além da contribuição em termos de método e de literatura, o estudo também tem utilidade prática ao fornecer subsídio para o processo de revisão das estratégias do PNPB no Brasil, as quais estão desde 2019 em revisão, no âmbito do Programa Abastece Brasil, do MME, e com conclusão dos trabalhos em 2022 [42]. Esse programa visa o desenvolvimento do mercado de combustíveis e à segurança do seu abastecimento, com foco na promoção da livre concorrência no setor, sendo operacionalizado por meio de um comitê técnico específico para a temática de comercialização de biodiesel. Assim, as conclusões deste estudo poderão servir, também, de insumo para a análise dos resultados

dos leilões de biodiesel como estratégia do PNPB, com potencial para a reavaliação desta política pública.

O capítulo é organizado em quatro seções. A primeira seção (*seção 2.1*) apresenta breve histórico do PNPB, dos leilões de biodiesel no Brasil e a literatura relacionada ao tema. A segunda seção (*seção 2.2*) descreve os aspectos metodológicos e a base de dados do estudo, identificando indicadores relacionados aos leilões de biodiesel; a seguir, esses dados serão utilizados para análise do desempenho do PNPB. A terceira seção (*seção 2.3*) traz os resultados desses indicadores e a discussão de cada um deles em relação aos três objetivos do PNPB. Por fim, na quarta seção (*seção 2.4*), fazem-se as considerações finais.

2.1. O PNPB e os leilões de biodiesel no Brasil: breve histórico

2.1.1. Revisão da literatura sobre o PNPB

A compreensão da diferença do PNPB frente a iniciativas anteriores de incentivo ao biodiesel é relevante para entender o próprio programa. RICO e SAUER [30] investigam o histórico de propostas de uso de óleos vegetais como combustível no Brasil, desde a década de 1920 até o ano do PNPB, em 2005, e esclarecem que este foi baseado em intensa articulação política e num conjunto de incentivos institucionais capazes de contornar a limitada escala de produção de óleos vegetais. Em linha com esse argumento, POUSA *et al.* [37] recapitularam a história e a política do biodiesel no Brasil desde 1930 até 2006 e relataram as dificuldades para o êxito de programas prévios de promoção do biodiesel. Do aprendizado histórico emergiram, portanto, as prioridades a serem tratadas no programa lançado em 2004.

O PNPB buscou, assim, viabilizar a produção e o uso de biodiesel de forma sustentável, levando em consideração aspectos técnicos e econômicos. Além disso, o PNPB tem dentre os seus objetivos a inclusão social e o desenvolvimento regional, por meio da geração de emprego e de renda e da valorização do agronegócio e da agricultura familiar.

Em relação ao viés ambiental, MARTINS e JÚNIOR [29] descrevem a evolução do biodiesel na matriz energética brasileira, apresentando-o como possível solução ao desafio de ganhos de eficiência socioambiental. OLIVEIRA e COELHO [43] realizam uma breve revisão de literatura acerca da história, da evolução e dos aspectos ambientais do uso do biodiesel no Brasil, mostrando que o biodiesel proporcionou impacto positivo

na economia brasileira, ao mesmo tempo em que viabilizou ganhos ambientais em comparação ao uso do óleo diesel mineral.

O alcance dos objetivos do PNPB foi também avaliado por RATHMANN *et al.* [39], os quais relatam que, embora os resultados socioeconômicos não tenham se coadunado com a expectativa do PNPB, sob a perspectiva da eficiência energética e da mitigação dos gases de efeito estufa o programa foi bem-sucedido. Esses resultados se coadunam com as conclusões do estudo de PADULA *et al.* [38] e, por si, já justificariam a continuidade do esforço de progredir com o avanço na implementação do PNPB.

No contexto da política energética nacional, o programa para o biodiesel contrasta com o implantado para o etanol, cujos resultados positivos remontam à década de 1970. STATTMAN *et al.* [21] analisam e comparam ambas as políticas governamentais e mostram que a política para o biodiesel buscou aprender com os erros cometidos com o programa de incentivo ao etanol, de modo a evitar a concentração geográfica, a atividade monocultora, a dominância do agronegócio e a exclusão dos agricultores familiares. Adicionalmente, TALAMINIL *et al.* [22] mostram similaridades entre as configurações do macroambiente para o etanol e o biodiesel, mas ressaltam que o biodiesel é mais identificado com a dimensão social do que o etanol, numa indicação de que o desenho da política pública para o biodiesel, no Brasil, de fato, caracterizou-o como um combustível social. NOGUEIRA e CAPAZ [27] enfatizam os aspectos institucionais e o papel decisivo das políticas públicas no incentivo ao desenvolvimento do mercado desses biocombustíveis.

Para implementar o PNPB, as responsabilidades foram divididas entre três instituições: o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) define as diretrizes para produção e uso do biodiesel; o Ministério de Minas e Energia (MME) regulamenta essas diretrizes; e a ANP elabora as resoluções que viabilizam a regulação, produção, contratação e fiscalização da qualidade e da comercialização do produto.

Com a promulgação da Lei n° 11.097/2005, ficou instituída a adição de um percentual mínimo de biodiesel ao óleo diesel comercializado, sendo inicialmente essa mistura em caráter voluntário ou autorizativo e, posteriormente, obrigatório. O percentual de uso voluntário foi estabelecido em 2%, em 2005, e vigorou até 2007, momento a partir do qual a mistura se tornou obrigatória. Ao longo dos anos, o CNPE determinou

sucessivos incrementos dos percentuais de mistura obrigatória, culminando, em 2021, no percentual de 13%. A Tabela 1 resume esse processo.

Tabela 1. Evolução do mandato oficial de biodiesel no óleo diesel entre 2006 e 2021. Fonte: [1, 3], elaboração própria.

Tipo da Mistura	Voluntária	Obrigatória										
Mandato (%)	2%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	11%	12%	13%
Leilão Inicial	A01	L06	L08	L14	L16	L37	L39	L53	L59	L69	L71	L78
Início da Vigência	Jan 2006	Jan 2008	Jul 2008	Jul 2009	Jan 2010	Jul 2014	Nov 2014	Mar 2017	Mar 2018	Nov 2019	Mar 2020	Mar 2021

Os efeitos desse arcabouço normativo sobre o mercado de combustíveis e sobre a expansão do uso do biodiesel no Brasil foram analisados por JUNIOR [28], o qual explica que as regras desenhadas viabilizaram a implementação da política pública.

A execução das regras de aquisição e de comercialização do biodiesel se deu, ao fim, por meio da sistemática dos leilões de biodiesel organizados pela ANP, cuja evolução e funcionamento se fazem necessários para avaliar em que medida os objetivos dessa sistemática foram alcançados.

2.1.2. Regras de funcionamento dos leilões de biodiesel no Brasil

A viabilização do PNPB foi possível, em parte, devido ao modelo de leilões de biodiesel realizado pela ANP. Nesse sentido, PRADO e VIEIRA [44] explicam que "no mercado nacional de biodiesel, os leilões desempenham um papel importante na transferência desse insumo das empresas produtoras para as refinarias e distribuidoras, que devem realizar a mistura do óleo vegetal ao óleo diesel, de acordo com a proporção definida em lei". A comercialização do biodiesel é feita por meio de leilões públicos organizados pela ANP, observando as diretrizes gerais estabelecidas pelo CNPE e as regulamentações sobre o formato e as regras determinadas pelo MME. As resoluções da ANP acerca das regras de comercialização do biodiesel vão ao encontro desses dispositivos e institucionalizam a sistemática dos leilões de biodiesel, cujos procedimentos são detalhados nos editais públicos dos leilões.

Entre janeiro de 2006 e dezembro de 2007, a mistura do biodiesel no óleo diesel tinha caráter voluntário, fazendo com que os leilões para suprimento do biocombustível tivessem reduzida representatividade. Porém, a partir de janeiro de 2008 iniciaram-se os

mandatos obrigatórios e, como consequência, o volume de biodiesel comercializado no Brasil passou a se elevar gradualmente, tendo os leilões desempenhado importante papel para o crescimento do mercado e para organizar a dinâmica competitiva.

Durante esse período, os leilões de biodiesel passaram por diversas mudanças estruturais de regras, alterando a forma de interação entre ofertantes e demandantes. Entre o primeiro leilão, com início de vigência em janeiro de 2006, e o 82º leilão, vigente no último bimestre de 2021, diversos arranjos foram experimentados, sendo possível estabelecer que a estrutura a partir da qual se mantém uniformidade de regras básicas é a apresentada a partir do 28° certame. Desde então, os certames apresentam frequência bimestral, dividem-se nas mesmas etapas, utilizam o mesmo sistema eletrônico e têm a seleção das ofertas diretamente pelos demandantes, sem realização de lances prévios. Essa comparação entre as modificações estruturais pelas quais passaram os leilões é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Mudanças estruturais de regras nos leilões de biodiesel entre 2006 e 2021. Fonte: [3], elaboração própria.

Tipo de Mistura	**Voluntária**		**Mandatória**													
Percentual de Mistura	**B2**			**B3**	**B4**	**B5**				**B6**	**B7**	**B8**	**B10**	**B11**	**B12***	**B13***
Datas dos Leilões	Jan/06-Dez/07		Jan/08-Jun/08	Jul/08-Jun/09	Jul/09-Dez/09	Jan/10-Jun/14				Jul/14-Out/14	Nov/14-Fev/17	Mar/17-Fev/18	Mar/18-Ago/19	Set/19-Fev/20	Mar/20-Fev/21	Mar/21-Fev/22
Leilões (L01-82)	L01-04	L05	L06-07	L08-13	L14-15	L16	L17-22	L21-27	L28-36	L37-38	L39-52	L53-58	L59-67	L68-70	L71-77	L78-82
Periodicidade	Anual		Semestral	Trimestral					Bimestral							
Forma de Implementação dos Leilões	Online (sistema Banco Brasil)	Online (sistema Comprasnet)		Presencial			Online (sistema Comprasnet)		Online (sistema Petronect)							

* Os percentuais de 12% e de 13% de mistura de biodiesel no óleo diesel fóssil referem-se ao cronograma oficial da Resolução CNPE nº 16/2018.

De modo simplificado, o leilão de biodiesel era dividido em três fases, que podem ser consideradas independentes para fins de análise do comportamento dos ofertantes, do leiloeiro e dos licitantes.

- Na primeira fase, ocorria a habilitação das usinas produtoras interessadas em participar dos leilões, as quais deveriam cumprir requisitos formais e documentais estabelecidos nas normas vigentes e nos editais dos certames.
- Na segunda fase, as usinas de biodiesel que tivessem sido habilitadas na primeira fase passam a oferecer uma certa quantidade de biodiesel, distribuída em até três lotes com preços distintos para cada um, e limitados por um preço-teto determinado pela ANP, denominado Preço Máximo de Referência (PMR).
- Na terceira fase, os volumes de biodiesel ofertados por cada usina produtora na segunda fase eram revelados aos distribuidores de combustíveis, com seus respectivos preços, dando início à competição pelo produto. Esta fase é subdividida em dois momentos: num primeiro momento, somente as usinas de biodiesel detentoras do Selo Biocombustível Social podem ter seus produtos arrematados, ao passo que num segundo momento as que não o detêm passam a participar.

O Selo Biocombustível Social (SBS) oferece incentivos fiscais e vantagens comerciais para fabricantes de biodiesel que concordem em adquirir, parte de suas matérias-primas, de agricultores familiares enquadrados no Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), de modo a impulsionar a inclusão social no âmbito do PNPB. O SBS foi instituído por meio do Decreto nº 5.297/2004, alterado pelo Decreto nº 10.527, de 22 de outubro de 2020. É de competência do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) conceder o direito de uso do SBS às usinas produtoras de biodiesel que cumprem os critérios estabelecidos na Portaria MAPA nº 272, de 30 de outubro de 2021, segundo a qual a aquisição de matéria-prima da agricultura familiar deve atender três quesitos: (i) percentual mínimo de aquisições de matéria-prima da agricultura familiar em relação ao total das aquisições; (ii) celebração de contratos entre o produtor de biodiesel e os agricultores familiares, previamente ao plantio da cultura; e (iii) prestação gratuita de serviços de assistência técnica. No âmbito desses normativos, são dados incentivos às usinas interessadas na promoção da inclusão social, na forma de isenções e reduções tributárias de PIS-Pasep e Cofins para a parcela

de matéria-prima oriunda da agricultura familiar utilizada na produção de biodiesel e na forma de preferência em ter seu produto comprado prioritariamente no âmbito dos leilões.

A dinâmica de funcionamento da competição pelo produto, na terceira fase, compreende a atuação dos distribuidores de combustíveis pela compra do biodiesel disponível nas usinas participantes, com vistas a suprir suas respectivas demandas. Para isso, oferecem lances sobre os lotes ofertados, podendo escolher a usina que será destinatária dos lances, respeitado o limite do volume total disponibilizado por cada usina produtora e o preço inicial definido na fase anterior. O preço inicial, portanto, atua como um preço mínimo para os licitantes interessados no produto em determinada usina.

O andamento do processo evolui à medida que o lance de um distribuidor é dado sequencial e ascendentemente em relação ao lance anterior de seu concorrente. Esses lances devem ser superiores ao imediatamente anterior, conforme um valor de preço incremental definido em edital. O certame termina quando não houverem mais lances de licitantes para nenhuma usina, por um período de três minutos consecutivos.

Essa dinâmica é exemplificada na Figura 4.

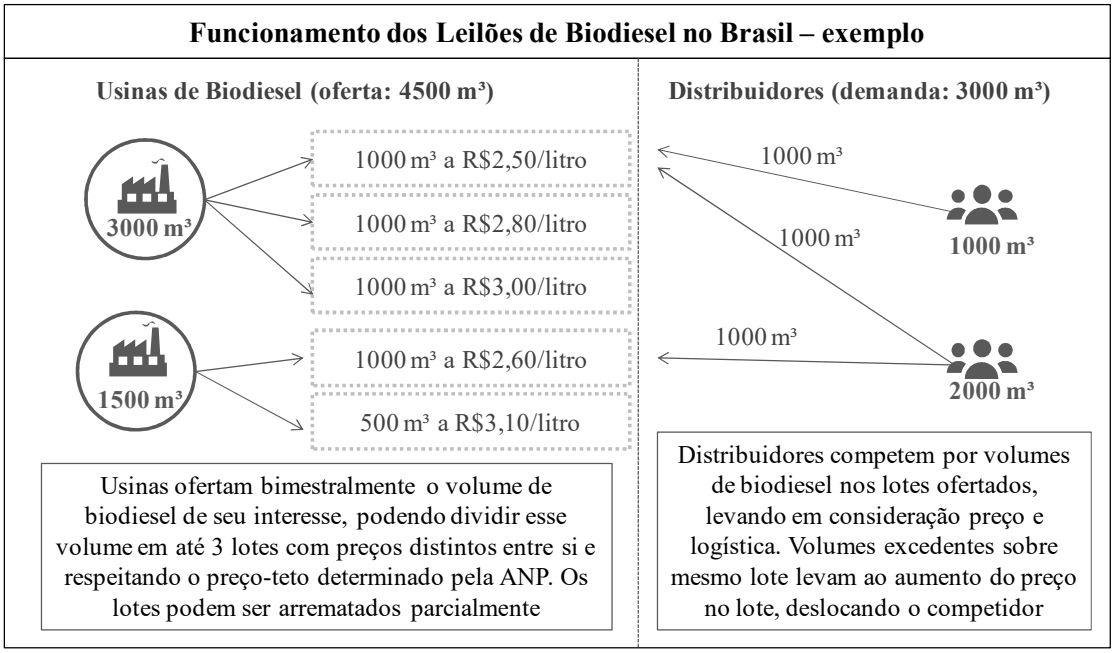


Figura 4. Exemplo do funcionamento dos leilões de biodiesel no Brasil. Fonte: [3], *elaboração própria.*

Conforme descrito na Figura 4, os leilões de biodiesel no Brasil são classificados como de (i) tipo Inglês, ou seja, com lances ascendentes em relação à direção dos lances;

(ii) sequenciais, no que tange à ordenação desses lances; (iii) abertos, acerca da revelação das informação aos concorrentes, posto que os licitantes conhecem o nível dos preços durante a realização do leilão e podem revisar as valorações de seus próprios lances nesse processo; e (iv) multiunidades, dado que o volume total de biodiesel disponível para compra pelos licitantes representa um bem homogêneo que pode ser dividido em unidades menores indistinguíveis entre si, no que tange às características intrínsecas ao produto, exceto pela quantidade e pelo preço do lance [45].

Duas informações adicionais a respeito do funcionamento dos leilões são relevantes. A primeira refere-se à qualificação dos lances dos licitantes. Durante o processo do leilão, os participantes dão seus lances sequencial e ascendentemente até que haja um lance vencedor. Esses lances vencedores representam o resultado final da competição por determinada quantidade de biodiesel entre os distribuidores e, por esse motivo, convencionou-se denominar os lances vencedores como lances válidos. Porém, para que se chegue aos lances válidos, uma série de lances anteriores foram dados pelos licitantes e sobrepostos por outros de valor superior dados pelos seus concorrentes, sendo esses denominados lances latentes. Assim, o total de lances existentes nos leilões de biodiesel é composto pela soma do número de lances latentes e válidos.

A segunda informação diz respeito ao desfecho do processo licitatório. Após o término do leilão de biodiesel, os resultados, compostos pelos volumes e seus respectivos preços arrematados pelos licitantes, em cada uma das usinas, são homologados pela ANP. Esses resultados devem, então, se refletir nos contratos de fornecimento de biodiesel, que serão assinados entre usinas produtoras e distribuidores de combustíveis e que regerão o processo logístico de entrega e distribuição do biodiesel para fins de cumprimento do percentual obrigatório de mistura no óleo diesel.

2.2. Metodologia e base de dados

A metodologia do estudo baseia-se em três etapas. Na primeira etapa, detalham-se, separadamente, os objetivos do PNPB e dos leilões de biodiesel, por meio de análise das normas que regem ambos. Tendo como premissa o fato de que os leilões de biodiesel foi a estratégia escolhida pelo governo brasileiro para organizar a comercialização de biodiesel, a identificação dos objetivos institucionais da política pública, em geral, e dos leilões, em particular, é primordial não apenas para que se possa avaliar adequadamente

seus desempenhos, como também para correlacioná-los com vistas a responder à pergunta sobre a contribuição dos leilões de biodiesel para o alcance dos resultados do PNPB.

Na segunda etapa, cada objetivo dos leilões de biodiesel é analisado sob a perspectiva da evolução de um conjunto de variáveis quantitativas, definidas como indicadores para a avaliação do desempenho dos leilões na direção do alcance dos seus objetivos institucionais. Esses indicadores são selecionados como métricas mensuradas ao longo do período de existência dos leilões e cobrem o período entre 2008 e 2021, tendo alguns indicadores a disponibilidade de dados para a integralidade desse intervalo e outros para períodos menores; porém, buscou-se garantir que, no mínimo, as análises contemplem do 28° leilão em diante, dado ser este o marco a partir do qual as regras estruturais principais dos leilões são estáveis até o fim da série.

Na terceira etapa, por fim, busca-se, numa análise integrada, correlacionar esses indicadores de avaliação dos objetivos dos leilões aos objetivos mais amplos do PNPB, de forma a medir a contribuição dos leilões para o êxito do programa brasileiro de biodiesel. Essas três fases são sumarizadas no fluxograma da Figura 5.

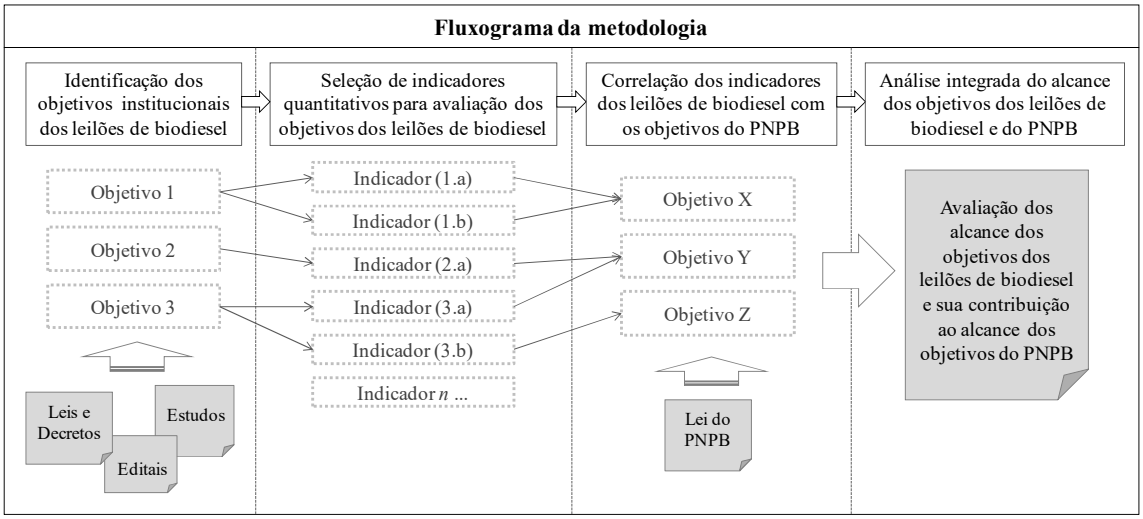


Figura 5. Fluxo de análise dos objetivos dos leilões de biodiesel e do PNPB.

2.2.1. Etapa 1: identificação dos objetivos institucionais dos leilões de biodiesel e do PNPB

Com base nos atos normativos que regem os leilões de biodiesel e o PNPB, assim como nas descrições desses programas no âmbito do MME e da ANP, sistematizou-se,

para a finalidade de análise deste estudo, o conjunto de objetivos explicitados na Tabela 3, identificados pela codificação entre parênteses [46, 47].

Tabela 3. Objetivos institucionais dos leilões de biodiesel e do PNPB.

Objetivos dos Leilões de Biodiesel	Objetivos do PNPB
(1) Conferir suporte econômico à cadeia produtiva de biodiesel e contribuir para o atendimento das diretrizes do PNPB por meio da garantia do fornecimento de biodiesel	(A) Implantar um programa sustentável de produção e uso do biodiesel, promovendo inclusão social
(2) Viabilizar a competição pelo produto, com vistas a um ótimo econômico e a um preço que remunere adequadamente os produtores e beneficie os consumidores	(B) Garantir preços competitivos, qualidade e suprimento do produto
(3) Reduzir as barreiras à entrada de agentes que tenham interesse em participar do processo	(C) Produzir o biodiesel a partir de diferentes fontes oleaginosas e em regiões diversas

É relevante ressaltar que os objetivos dispostos na Tabela 3 não estão, ainda, correlacionados, de modo que a disposição dos mesmos é independente. Conforme metodologia descrita na Figura 5, os mesmos serão correlacionados por meio dos indicadores definidos na subseção seguinte.

2.2.2. Etapa 2: seleção de indicadores quantitativos para avaliação dos objetivos dos leilões de biodiesel

Para cada um dos três objetivos dos leilões de biodiesel, foram designados os seguintes indicadores quantitativos, com seus respectivos escopos de análise. Em seu conjunto, definiram-se dezessete indicadores, sendo onze para o objetivo (1); três para o objetivo (2); e três para o objetivo (3). Como o intuito é avaliar a eficiência e a eficácia dos leilões de biodiesel em: conferir suporte econômico à cadeia produtiva, viabilizar o processo competitivo pelo produto e reduzir barreiras à entrada de agentes com interesse em participar do processo; os indicadores baseiam-se, principalmente, na base de dados da ANP sobre os leilões. Essas informações abrangem período de 2008 a 2021 e, a depender do escopo de cada uma das variáveis analisadas, o horizonte temporal pode se referir a uma parcela desse período, cobrindo informações não apenas sobre o processo competitivo dos leilões, mas também sobre contextos anteriores − como a expansão de capacidade produtiva de biodiesel − e posteriores a eles − como a comercialização do óleo diesel.

Em relação ao objetivo (1), de conferir suporte econômico à cadeia produtiva de biodiesel e contribuir para o atendimento das diretrizes do PNPB por meio da garantia do fornecimento de biodiesel, foram definidos os onze indicadores a seguir.

(1.a) Taxas de crescimento do mercado de biodiesel e de óleo diesel → finalidade: analisar a evolução das vendas de biodiesel e de óleo diesel ao longo do período em que houve aumento dos percentuais de mistura obrigatória e comparar com a taxa de crescimento do PIB.

(1.b) Razão entre o número de usinas de biodiesel autorizadas pela ANP a operar e o número de usinas que de fato ofertaram nos leilões de biodiesel → finalidade: investigar o perfil de participação dos ofertantes nos leilões.

(1.c) Capacidade de produção das usinas de biodiesel → finalidade: avaliar a evolução da capacidade de produção autorizada pela ANP, por leilão, considerada a média total e por usina, para identificar o potencial de oferta de biodiesel nos leilões e a expansão dos investimentos no setor.

(1.d) Capacidade ociosa das usinas de biodiesel → finalidade: analisar a evolução da capacidade ociosa das usinas participantes dos leilões de biodiesel para averiguar o ritmo de expansão da oferta de biodiesel, em contraste com a demanda.

(1.e) Grau de diversificação das matérias-primas → finalidade: avaliar os percentuais das matérias-primas utilizadas para a produção de biodiesel, com vistas verificar o perfil da cadeia de fornecimento de insumos, a evolução dos tipos de matérias-primas usadas e o tipo de cultura associada a cada uma delas.

(1.f) Proporção de usinas detentoras do Selo Biocombustível Social (SBS) → finalidade: analisar a evolução do percentual de usinas cuja produção de biodiesel tenha proveniência de insumos gerados pela agricultura familiar, de modo a investigar o quanto a sistemática de comercialização dos leilões beneficiou socialmente a cadeia produtiva.

(1.g) Comparação da participação regional na produção de biodiesel e na aquisição de matérias-primas no âmbito do SBS → finalidade: verificar o alcance do objetivo institucional do SBS, em relação à política energética, no sentido de servir de instrumento para a diversificação regional da produção de biodiesel.

(1.h) Evolução da diversificação da matéria-prima adquiridas no âmbito do SBS → finalidade: verificar o alcance do objetivo institucional do SBS em relação à política energética, no sentido de servir de instrumento para a diversificação das matérias-primas utilizadas para a produção de biodiesel.

(1.i) Variação do volume de vendas de biodiesel pelos produtores de pequeno porte → finalidade: verificar se as usinas produtoras de biodiesel enquadradas como de pequeno porte foram beneficiadas pela implementação da regra desses pequenos produtores, de modo a confirmar se a reserva de mercado foi necessária para que essas usinas vendessem mais biodiesel.

(1.j) Comparação do preço de venda de biodiesel dos produtores de biodiesel de pequeno porte e dos demais produtores → finalidade: comparar o patamar de preços das usinas de biodiesel de pequeno porte antes e após a implementação da regra do produtor de pequeno porte e confrontar esses valores com aqueles praticados pelo demais produtores, com vistas a verificar o ágio de preços gerado pela reserva de mercado.

(1.k) Comparação do faturamento dos produtores de biodiesel de pequeno porte e dos demais produtores → finalidade: comparar os faturamentos dos produtores de biodiesel de pequeno porte com os faturamentos dos demais produtores, antes e depois da implementação da reserva de mercado, com vistas a verificar se houve adicional pago pela sociedade em função dessa reserva.

Em relação ao objetivo (2), de viabilizar a competição pelo produto, com vistas a um ótimo econômico e a um preço que remunere adequadamente os produtores e beneficie os consumidores, definem-se três indicadores.

(2.a) Preços relativos entre o biodiesel e o óleo diesel fóssil → finalidade: analisar a evolução dos preços ao longo da série histórica, na mesma base de comparação, ou seja, os preços cotados ao produtor, FOB (modalidade *free on board*) com impostos federais e sem impostos estaduais, visando caracterizar o grau de competitividade do biodiesel em relação ao óleo diesel e o impacto da mistura obrigatória nos preços finais ao consumidor.

(2.b) Índices de concentração de mercado das usinas → finalidade: investigar a evolução da estrutura de mercado dos ofertantes de biodiesel para identificar potencial reflexo na dinâmica competitiva dos leilões.

(2.c) Determinantes da dinâmica de negociação e de ascensão dos preços no leilão → finalidade: avaliar a evolução dos volumes de oferta das usinas e de demanda dos distribuidores nos leilões, de modo a determinar o excedente de oferta como o diferencial entre esses volumes e a investigar a influência da dimensão desse excedente no aumento de preços do biodiesel. Em tese, *coeteris paribus*, quanto menor a disponibilidade de produto a ser licitado, maior tende a ser a competição pelo biodiesel disponível e, por consequência, o incremento dos preços. Por esse motivo, é mister averiguar a dinâmica competitiva durante os leilões de biodiesel e identificar potenciais fatores de impacto na concorrência entre os licitantes.

Por fim, em relação ao objetivo (3), de reduzir as barreiras à entrada de agentes que tenham interesse em participar do processo, apresentam-se três indicadores.

(3.a) Deságio entre PMR e os preços iniciais de biodiesel nos leilões → finalidade: analisar se os preços máximos de referência determinados pela ANP representaram restrição à participação das usinas de biodiesel nos leilões, a nível nacional e regional. Essa avaliação adquire relevância porque uma definição do PMR inferior à estrutura de custos das usinas significaria, em tese, impedimento para que as usinas pudessem realizar suas ofertas.

(3.b) Número de usinas inabilitadas por leilão → finalidade: identificar o quantitativo de usinas impedidas de participar dos leilões devido ao não atendimento de requisitos dos editais, com vistas a verificar a adequação das regras de habilitação dos leilões.

(3.c) Representatividade das usinas inabilitadas em relação à oferta total dos leilões → finalidade: analisar, em termos percentuais, o peso das capacidades de oferta das usinas inabilitadas sobre o volume total ofertado visando à quantificação da barreira à entrada de agentes com interesse em participar do leilão.

Os treze indicadores são sumarizados na Tabela 4 de modo relacionado com cada objetivo dos leilões de biodiesel e detalhando o período de apuração dos dados, a fonte e os leilões abrangidos.

Tabela 4. Detalhamento dos indicadores para avaliação dos objetivos dos leilões de biodiesel.

Objetivo dos Leilões de Biodiesel	**Indicadores**	**Período**	**Leilões**	**Fonte**	**Referência**

(1) Conferir suporte econômico à cadeia produtiva de biodiesel e contribuir para o atendimento das diretrizes do PNPB por meio da garantia do fornecimento de biodiesel	(1.a) Taxas de crescimento do mercado de biodiesel e de óleo diesel	2008-2021	L06-L82	ANP e Banco Central do Brasil	Tabela 6
	(1.b) Razão entre número de usinas de biodiesel autorizadas pela ANP a operar e usinas que de fato ofertaram nos leilões de biodiesel	2010-2021	L16-L82	ANP	Figura 6
	(1.c) Capacidade de produção das usinas de biodiesel	2010-2021	L16-L82	ANP	Figura 7
	(1.d) Capacidade ociosa das usinas de biodiesel	2008-2021	L10-L82	ANP	Figura 8
	(1.e) Grau de diversificação das matérias-primas	2008-2021	L10-L82	ANP	Tabela 7 Tabela 8 Tabela 9
	(1.f) Proporção de usinas detentoras do Selo Biocombustível Social	2013-2021	L28-L82	ANP, IBGE e MAPA	Tabela 10 Tabela 11 Figura 9
	(1.g) Comparação da participação regional na produção de biodiesel e na aquisição de matérias-primas no âmbito do SBS	2008-2021	L10-L82	ANP e MAPA	Tabela 12 Figura 10 Figura 11
	(1.h) Evolução da diversificação das matérias-primas adquiridas no âmbito do SBS	2008-2021	L10-L82	ANP e MAPA	Tabela 13
	(1.i) Variação do volume de vendas de biodiesel pelos produtores de pequeno porte	2021	L77-L82	ANP	Tabela 14
	(1.j) Comparação do preço de venda de biodiesel dos produtores de biodiesel de pequeno porte e dos demais produtores	2021	L77-L82	ANP	Tabela 15
	(1.k) Comparação do faturamento dos produtores de biodiesel de pequeno porte e dos demais produtores	2021	L77-L82	ANP	Tabela 16
(2) Viabilizar a competição	(2.a) Preços relativos entre o biodiesel e o óleo diesel	2008-2021	L06-L82	ANP	Figura 12

pelo produto, com vistas a um ótimo econômico e a um preço que remunere adequadamente os produtores e beneficiar os consumidores	(2.b) Índices de concentração de mercado das usinas de biodiesel	2013-2021	L28-L82	ANP	Figura 13
	(2.c) Determinantes da dinâmica de negociação e de ascensão dos preços no leilão	2013-2019	L28-L69	ANP	Figura 14 Figura 15 Tabela 17 Tabela 18
(3) Reduzir as barreiras à entrada de agentes que tenham interesse em participar do processo	(3.a) Deságio entre PMR e os preços iniciais de biodiesel nos leilões	2008-2021	L06-L82	ANP	Figura 16 Figura 17
	(3.b) Número de usinas inabilitadas por leilão	2012-2021	L26-L82	ANP	Tabela 19 Tabela 20
	(3.c) Representatividade das usinas inabilitadas em relação à oferta total dos leilões	2012-2021	L26-L82	ANP	Tabela 21

2.2.3. Etapa 3: correlação dos resultados dos indicadores dos leilões de biodiesel com os objetivos do PNPB

Uma vez detalhados os indicadores de avaliação dos objetivos dos leilões de biodiesel, é possível correlacioná-los com os objetivos do PNPB, explicitados anteriormente na Tabela 3 pelas letras A, B e C. Essa correlação é mostrada na Tabela 5, a seguir.

Tabela 5. Correlação entre variáveis de avaliação dos objetivos dos leilões de biodiesel com os objetivos do PNPB.

Objetivos dos Leilões de Biodiesel	Variável de Análise	Objetivos do PNPB correlacionados
(1) Conferir suporte econômico à cadeia produtiva de biodiesel e contribuir para o atendimento às diretrizes do PNPB por meio da garantia do fornecimento de biodiesel	(1.a); (1.b); (1.c); (1.d)	Objetivo B
	(1.e)	Objetivos A e C
	(1.f); (1.g); (1.h)	Objetivos A e C
	(1.i); (1.j); (1.k)	Objetivos A e B
(2) Viabilizar a competição pelo produto, com vistas a um ótimo econômico e a um preço que remunere adequadamente os produtores e beneficiar os consumidores	(2.a) ; (2.b); (2.c)	Objetivo B

(3) Reduzir as barreiras à entrada de agentes que tenham interesse em participar do processo	(3.a); (3.b); (3.c)	Objetivo B

Como se percebe, a metodologia proposta permite mensurar não apenas o desempenho dos leilões, como também analisar em que medida o programa brasileiro do biodiesel teve êxito utilizando essa estratégia de comercialização. Na próxima seção são apresentados os resultados dos indicadores, é realizada uma avaliação acerca do alcance dos objetivos institucionais dos leilões de biodiesel, bem como das contribuições desses resultados para o desempenho do PNPB.

2.3. Resultados e discussões

Com vistas a analisar cada indicador determinado na seção anterior, apresentam-se, a seguir, quatro subseções. As três primeiras detalham os resultados das variáveis de análise agrupadas para cada um dos objetivos dos leilões de biodiesel, ao passo que, na quarta subseção, se discute a contribuição dos leilões para o alcance dos objetivos do PNPB.

2.3.1. A cadeia produtiva e a garantia de fornecimento de biodiesel

O primeiro objetivo dos leilões de biodiesel é o de conferir suporte econômico à cadeia produtiva de biodiesel e de garantir o fornecimento de biodiesel, avaliados por meio dos indicadores (1.a), (1.b), (1.c), (1.d), (1.e), (1.f), (1.g), (1.h), (1.i), (1.j) e (1.k), agrupados nas subseções 2.3.1.1; 2.3.1.2; 2.3.1.3; 2.3.1.4 e 2.3.1.5.

2.3.1.1. Indicador (1.a): taxas de crescimento do PIB e das vendas de biodiesel e de óleo diesel

A comparação entre as taxas de crescimento da venda de óleo diesel, de biodiesel e do PIB, entre 2008 e 2020, indica que o diesel acompanha, com relativa regularidade, o desempenho do PIB, ao passo que o biodiesel apresenta crescimento mais acelerado. Esses valores são mostrados na Tabela 6.

Tabela 6. Taxas de crescimento anual dos mercados de biodiesel e diesel em relação ao PIB entre 2008 e 2021. Fonte: [3], elaboração própria.

Ano	Vendas de Biodiesel	Vendas de Óleo Diesel A	PIB	Houve aumento de mistura no ano?	Mês de alteração da mistura	Mistura em Janeiro	Mistura em Dezembro

2008	332,02%	5,67%	5,09%	Sim	0% → 2% (Jan/2008) 2% → 3% (Jul/2008)	2%	3%
2009	39,06%	-2,07%	-0,13%	Sim	3% → 4% (Jul/2009)	3%	4%
2010	54,99%	9,55%	7,53%	Sim	4% → 5% (Jan/2010)	5%	5%
2011	6,39%	6,13%	3,97%	Não	-	5%	5%
2012	7,04%	6,95%	1,92%	Não	-	5%	5%
2013	6,03%	4,71%	3,00%	Não	-	5%	5%
2014	16,45%	1,76%	0,50%	Sim	5% → 6% (Jul/2014) 6% → 7% (Nov/2014)	5%	7%
2015	17,43%	-6,03%	-3,55%	Não	-	7%	7%
2016	-5,13%	-5,13%	-3,31%	Não	-	7%	7%
2017	13,22%	-0,02%	1,06%	Sim	7% → 8% (Mar/2017)	7%	8%
2018	25,48%	-0,47%	1,12%	Sim	8% → 10% (Mar/2018)	8%	10%
2019	9,75%	2,28%	1,14%	Sim	10% → 11% (Set/2019)	10%	11%
2020	9,66%	-0,01%	- 4,1%	Sim	11% → 12% (Mar/2020) 12% → 10% (Set/2020) 10% → 11% (Nov/2020)	11%	11%
2021	6,66%	8,25%	4,6%	Sim	11% → 12% (Jan/2021) 12% → 13% (Mar/2021) 13% → 10% (Mai/2021) 13% → 10% (Jul/2021) 13% → 12% (Set/2021) 13% → 10% (Nov/2021)	12%	11%

Ao se colocar essa evolução sob a perspectiva dos consecutivos aumentos dos percentuais de mistura obrigatória ao longo dos anos, percebe-se que eles foram os principais responsáveis pelo avanço do setor de biodiesel no Brasil. Dos catorze anos considerados na série, em nove deles houve aumento do mandato, sendo que em dois deles houve dois incrementos num mesmo ano − 2008 e 2014 − e em três houve aumento superior a um ponto percentual − 2008, 2014 e 2018. Nos demais anos − 2009, 2010, 2017, 2019, 2020 e 20221 − a elevação foi de um ponto percentual. Apenas em cinco casos − 2011, 2012, 2013, 2015 e 2016 − não houve avanço do mandato. Consequentemente, as vendas de biodiesel, na maior parte do período, apresentaram crescimento percentual acima de dois dígitos, tendo tido resultado negativo apenas no ano de 2016, no qual a economia brasileira enfrentou seu segundo ano de recessão e não houve aumento da mistura obrigatória.

Deve-se mencionar que, nos anos de 2020 e 2021, houve redução temporária do teor de mistura de biodiesel no óleo diesel, por motivo de interesse público, sendo retomada o teor original, direta ou gradualmente, após cessadas as causas que justificaram a redução. Em 2020 a redução foi promovida pela ANP, por motivo de risco ao abastecimento, ao passo que em 2021 as reduções foram realizadas pelo CNPE, por motivo de proteção dos interesses do consumidor quanto a preço, qualidade e oferta do produto.

Levando em consideração a política pública dos mandatos e a escolha governamental pelos leilões como mecanismo de alocação e de comercialização do biodiesel, esses números sinalizam que o aumento continuado da mistura obrigatória resultou no estímulo ao aumento da oferta do biocombustível. Esse fato representa, em termos gerais, o êxito dos leilões em conferir suporte à cadeia produtiva e à garantia do fornecimento, dado que o único meio para se obter biodiesel para atendimento aos mandatos se dava por meio desse mecanismo.

2.3.1.2. Indicadores (1.b), (1.c) e (1.d): participação das usinas nos leilões e evolução das capacidades produtiva e ociosa

O consistente avanço nas vendas de biodiesel necessita ser avaliado sob a perspectiva da comparação entre o quantitativo de usinas autorizadas pela ANP à atividade produtiva e o número das que, de fato, participaram dos leilões. A Figura 6 sintetiza essa informação para o período entre 2012 e 2021, cobrindo do 26° ao 82° leilão.

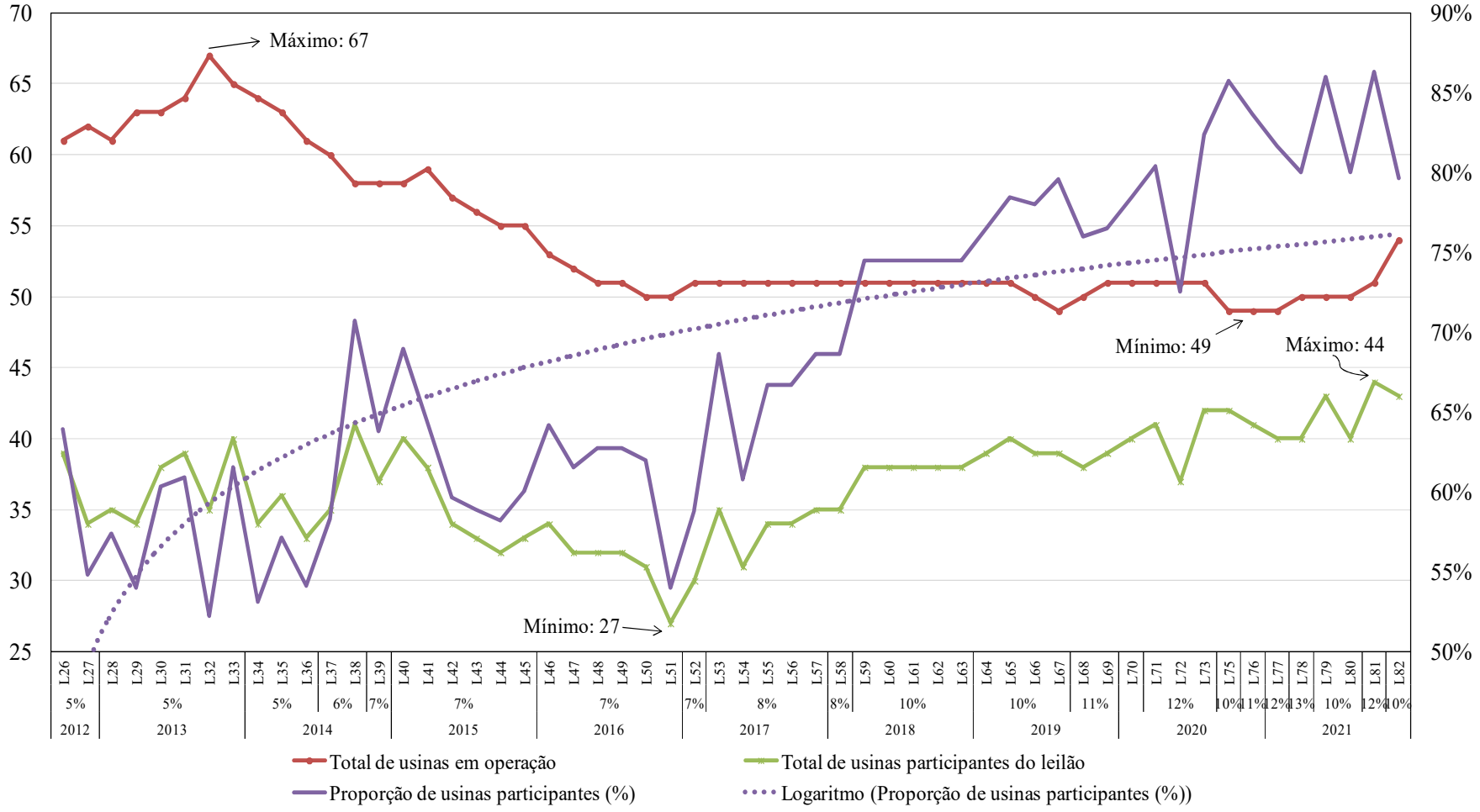


Figura 6. Evolução do quantitativo de usinas em operação e usinas participantes dos leilões. Fonte: [3], elaboração própria.

A Figura 6 mostra que, desde o L26, o número de usinas autorizadas pela ANP apresentou tendência de redução até o final do ano de 2016, quando se estabilizou no patamar de cerca de 50 usinas autorizadas, e elevado ao patamar de 55 usinas no final de 2021. No mesmo período, o número de usinas ofertantes nos leilões de biodiesel oscilou em torno de uma média de 35 usinas entre 2012 e 2017 e ao redor da média de 40 usinas entre 2018 e 2021, tendo sido registrado o maior número de ofertantes no L81, com 44 usinas, e o menor no L51, com 27 usinas.

Como ao longo dos mais de dez anos da série de dados o percentual de mistura obrigatória elevou-se continuamente de 5% para 13% (excetuadas as reduções temporárias realizadas pela ANP em 2020 e pelo CNPE em 2021), duas consequências advieram. A primeira consequência refere-se ao aumento da razão entre o número de usinas ofertantes e o de autorizadas a operarem pela ANP, movimento representado pela linha roxa e pela sua linha de tendência, indicada em escala logarítmica. Como se percebe, uma proporção maior das usinas de biodiesel existentes no Brasil passou a participar dos leilões, cuja tendência foi se estabilizando ao longo do tempo, numa indicação de que a sistemática dos leilões oferecerau suporte ao crescimento do mercado de biodiesel.

A segunda consequência relaciona-se com o perfil produtivo das usinas participantes dos leilões. A Figura 7 demonstra que, além de maior adesão quantitativa ao modelo de competição escolhido para viabilizar o PNPB, as usinas participantes dos leilões apresentam ao longo da série histórica, entre 2009 e 2021, processo crescente de ampliação da capacidade produtiva por usina participante, saindo de um patamar de 6.860 metros cúbicos por mês, em 2010, para 19.846 metros cúbicos por mês, em 2021.

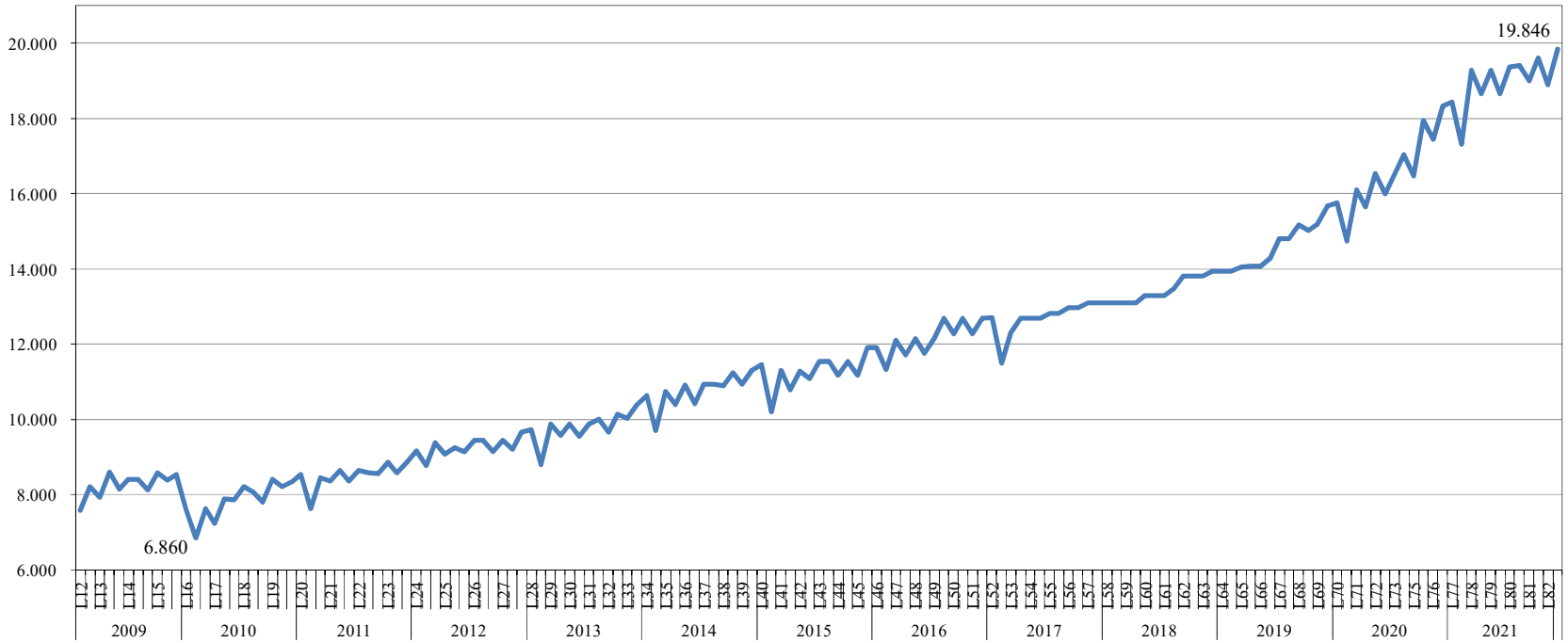


Figura 7. Capacidade autorizada de produção, média por usina (m³/mês). Fonte: [3], elaboração própria.

Como se observa da análise conjunta das Figuras 6 e 7, a redução do número de usinas autorizadas a operar pela ANP não se converteu em restrição à capacidade de oferta de biodiesel nos leilões. Isso deveu-se, primordialmente, à previsibilidade quanto ao crescimento do mercado e à demanda pelo produto, operacionalizada pela comercialização nos leilões, a qual viabilizou investimentos para expansão da capacidade produtiva das usinas, cuja capacidade média por usina elevou-se 189,3% entre 2010 e 2021.

Além desses fatos, importa verificar também se esses investimentos em capacidade produtiva acompanharam o ritmo de crescimento do mercado de biodiesel, o que pode ser analisado através do indicador de capacidade ociosa do setor. A relação entre a capacidade de produção, produção efetiva e capacidade ociosa é apresentada na Figura 8.

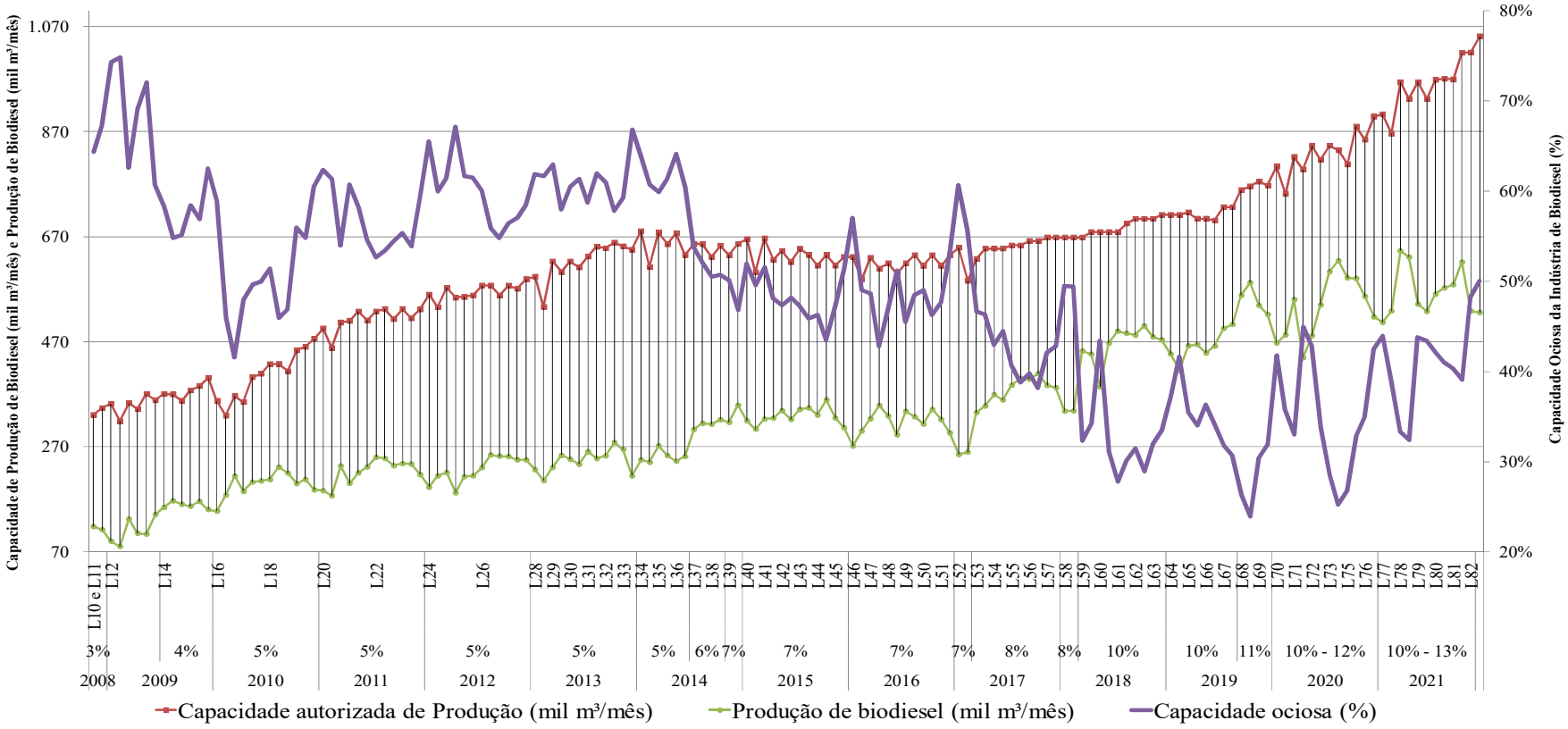


Figura 8. Evolução da capacidade produtiva, da produção e da capacidade ociosa das usinas. Fonte: [3]*, elaboração própria.*

A Figura 8 evidencia cinco movimentos em relação à evolução da capacidade produtiva, da produção e da capacidade ociosa das usinas de biodiesel. O primeiro movimento compreende o período entre o último bimestre de 2008 (L10) e o segundo bimestre de 2010 (L17), no qual a capacidade ociosa reduziu-se por ocasião do aumento da mistura obrigatória de 3% para 5%, sem que isso fosse acompanhado por uma elevação significativa da capacidade produtiva.

O segundo movimento abrange o período entre o terceiro bimestre de 2010 (L18) e o último de 2013 (L33), em que a capacidade ociosa elevou-se em decorrência da maturação de investimentos que ampliaram a capacidade de produção de cerca de 360 mil m³ por mês, para aproximadamente 660 mil m³ mensais, um crescimento de 83,3%. Em contrapartida, no mesmo período, a produção de biodiesel elevou-se 62,5%, saindo do patamar de 160 mil m³ para 260 mil m³ por mês. Deve-se mencionar, adicionalmente, que entre o L18 e o L33 não houve aumento da mistura obrigatória, que permaneceu em 5%.

O terceiro movimento cobre o período entre o primeiro bimestre de 2014 (L34) e o quinto bimestre de 2017 (L56), no qual a capacidade ociosa voltou a apresentar uma tendência de queda, ocasionada por uma combinação entre a estabilidade da capacidade produtiva ao redor de 660 mil m³ mensais (um período de praticamente quatros anos nos quais não houve elevação significativa da capacidade autorizada de produção) e o aumento da produção. Esta saltou de um patamar de 260 mil m³ por mês para cerca de 410 mil m³ por mês, uma elevação de 57,7% derivada, em grande parte, da ampliação da mistura obrigatória de 5% para 8% no mesmo período.

O quarto movimento compreende os leilões entre o sexto bimestre de 2017 (L57) e o sexto bimestre de 2019 (L69), em que a tendência de queda da capacidade ociosa se manteve. Porém, neste período, devido a uma perspectiva de ampliação futura da mistura obrigatória primeiramente até 10%, conforme Lei n° 13.263/2016, e posteriormente até 15%, nos termos da Resolução CNPE n° 16/2018, criou-se um cenário de previsibilidade normativa para a retomada dos investimentos no setor produtivo; como consequência, a capacidade autorizada saltou de 660 mil m³ por mês para 760 mil m³ mensais, um incremento de 15,1%. Pelo lado da demanda, entre o L57 e o L69 o percentual de mistura obrigatória saltou de 8% para 11%, levando a produção nacional de biodiesel a saltar de cerca de 410 mil m³ por mês para o patamar de 560 mil m³ por mês, aumento de 36,6% –

portanto, com a produção crescendo em ritmo superior ao da capacidade produtiva, a capacidade ociosa acentuou sua trajetória de queda até o fim da série histórica.

Por fim, o quinto movimento compreende os anos de 2020 e 2021, entre o L70 e o L82, durante os quais a capacidade iniciou trajetória de elevação, saindo do patamar de 42% (L70) e alcançando 50% (L82), oscilando ao longo do período. Essa ampliação se deve, essencialmente, aos processos de redução temporária do teor de mistura do biodiesel no óleo diesel, realizados pela ANP e pelo CNPE, por motivo de interesse público justificado, conforme destacado na Tabela 6.

Como se percebe pela Figura 7, esse movimento da capacidade ociosa entre 2008 e 2021 necessita ser analisado em conjunto com os componentes de oferta e demanda do setor de biodiesel, tais como a evolução da capacidade autorizada das usinas, da produção de biodiesel, da oferta e da demanda nos leilões e do teor de biodiesel praticado no período.

Em conclusão, verifica-se que a partir de 2014 houve tendência contínua de redução da capacidade ociosa que apresentava o setor produtivo de biodiesel; de fato, esse indicador passa do patamar de aproximadamente 80% em 2008 para cerca de 30% em 2019. Isso se justificou, em grande medida, pelo fato de o ritmo de expansão do teor de biodiesel misturado ao óleo diesel fóssil ter sido superior ao da expansão da capacidade produtiva autorizada, ao longo do período. Esse processo, contudo, foi revertido em 2020 e 2021, quando a capacidade ociosa voltou a apresentar trajetória de elevação, alcançando 50% em dezembro de 2021.

É notório que o comportamento da capacidade ociosa da indústria de biodiesel destoa do que se preceitua a teoria econômica acerca do tema, especialmente (i) quanto à sazonalidade e à flutuação dos valores ao longo da série histórica devido a oscilações de mercado, e (ii) quanto ao que se verifica por meio dos resultados do indicador de utilização de capacidade instalada, divulgados pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), tanto para a indústria nacional de modo agregado quanto para a indústria do setor de "coque, produtos derivados do petróleo e biocombustíveis"[1].

No caso da indústria de biodiesel, há uma persistente capacidade ociosa, com média de 49% na série histórica entre 2008 e 2021, com patamares, na expressiva maioria dos

[1] Indicadores estatísticos industriais da Confederação Nacional da Indústria, disponíveis em <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/indicadores-industriais/>. Acesso em 10/12/2022.

casos, superiores a 30% desde o início do PNPB e alcançando valores próximos de 70% em diversos dos meses da série temporal. Em contraponto, o resultado da capacidade ociosa agregada de todo o setor industrial de combustíveis e biocombustíveis (no qual se insere a indústria de biodiesel) é, no mesmo período, de cerca de 18%, com comportamento sazonal e de oscilação mercadológica típicas dessa variável econômica.

Essa anormalidade em relação ao comportamento da capacidade ociosa, na indústria do biodiesel, deriva de um conjunto de fatores, dentre eles: a previsibilidade conferida pelo mandato de biodiesel no óleo diesel, em teores crescentes ao longo dos anos; ao volume de investimento necessário (Capex) para se construir uma planta de biodiesel, variável a depender da escala de produção desejada; à não exportação do biodiesel nacional; e ao perfil descentralizado de produção de biodiesel, levando a que as decisões de investimento sejam individuais e originadas da visão dos empresários acerca da lucratividade do setor, historicamente elevada.

Além do uso obrigatório do biodiesel em mistura ao óleo diesel, refletido no mandato definido pela Lei nº 13.033/2014, dois outros meios poderiam ser explorados para reduzir a capacidade ociosa histórica do setor, ainda esparsamente explorada no Brasil: o primeiro seria o uso voluntário de biodiesel e o segundo a exportação do produto nacional.

Em relação ao uso voluntário, a possibilidade de os distribuidores efetuarem, de maneira voluntária, misturas de biodiesel ao óleo diesel em teores superiores aos do mínimo obrigatório vigente, encontra amparo normativo no art. 1º-C da Lei nº 13.033/2014; no art. 2º, inciso IX da Lei nº 9.478/1997; e no art. 3º da Resolução CNPE nº 16/2018. Em síntese, esse conjunto de dispositivos legais e infralegais determinam que é facultado ao distribuidor a adição voluntária de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer quantidade superior ao teor mínimo obrigatório, respeitado o limite máximo de 15%, em volume, desde que aprovados os testes e ensaios em motores determinados pelo art. 1º-B da Lei nº 13.033/2014 e pelo art. 1º, parágrafo único da Resolução CNPE nº 16/2018. A respeito desses testes e ensaios em motores, coordenados pelo Ministério de Minas e Energia, o Relatório Final dos "Testes e Ensaios para Validação da Utilização da Mistura de Biodiesel B15 em Motores e Veículos", de 28 de fevereiro de 2019, complementado pelo Anexo intitulado "Atendimento às recomendações do Relatório", de 2 de agosto de 2019, corroboram a possibilidade do uso voluntário, cabendo aos distribuidores de combustíveis a manifestação de interesse e ao mercado as condições de competitividade em preço e em qualidade do biodiesel em

relação ao óleo diesel fóssil, para que o uso do biodiesel acima do teor obrigatório se justifique.

Em relação à exportação de biodiesel, observa-se que desde o início do PNPB a participação do comércio exterior nas vendas do biodiesel nacional é desprezível, em comparação à dimensão do mercado. É patente que parte da razão para que os produtores brasileiros de biodiesel não busquem o mercado consumidor internacional reside na garantia ao mercado brasileiro por meio dos mandatos de mistura obrigatória. Porém, devem-se listar outras questões explicativas relevantes: em primeiro lugar, o advento da Lei Complementar nº 87, de 13 de setembro de 1996 (Lei Kandir) ocasionou um conjunto de distorções tributárias que criaram incentivos para a exportação de produtos primários, como a soja em grão, em detrimento de produtos processados internamente, como o óleo de soja e o biodiesel, haja vista isentar do Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) as exportações dos produtos primários e semielaborados. Em segundo lugar, é comum a exigência, por países compradores, de certificações internacionais de qualidade como condição para a importação de biodiesel, adicionando dificuldade ao processo exportador.

Esses dois fatos – a Lei Kandir e a exigência de certificação internacional do biodiesel, contudo, não têm impedido que, em casos isolados, sejam realizadas exportações por parte de produtores de biodiesel interessados em explorar essas oportunidades de acesso a mercados para suprir suas capacidades ociosas. O desafio reside em reverter essa tendência sistêmica de longo prazo, que os produtores nacionais apresentam, de não buscarem aproveitar as oportunidades de acesso ao mercado internacional para ampliar suas produções e vendas de biodiesel, contribuindo para a redução da capacidade historicamente ociosa e elevarem suas receitas, fortalecendo toda a cadeia brasileira desse biocombustível.

2.3.1.3. Indicador (1.e): grau de diversificação das matérias-primas usadas na produção de biodiesel

Um dos meios averiguados para avaliar o suporte ao fornecimento de biodiesel é a diversificação das matérias-primas usadas para produção. O grau de diversificação dos insumos permite inferir em que medida o PNPB foi bem-sucedido no incentivo à produção agropecuária de origem familiar e na variabilidade de fontes para produção do biodiesel.

Uma das características do programa é a flexibilidade na produção, visto que seu caráter é, essencialmente, não restritivo, já que é permitido o uso de diferentes fontes de matérias-primas para a produção do biodiesel. Além das oleaginosas (óleo de mamona, soja, dendê, girassol, babaçu, algodão, entre outras), pode-se produzir biodiesel a partir de óleos residuais (óleo de cozinha, por exemplo) e de gorduras animais (sebo e óleo de peixe). As matérias-primas usadas na produção de biodiesel tem se diversificado ao longo do tempo, apesar de o óleo de soja e o sebo bovino serem os principais insumos utilizados. Além disso, a extração de óleo vegetal dos diversos insumos conta com diferentes rotas tecnológicas, possibilitando a participação do agronegócio e da agricultura familiar, bem como o melhor aproveitamento do solo.

Nesse sentido, SANTOS *et al.* [35] discutem os impactos do PNPB no processo de aquisição de matérias-primas para suportar a oferta de biodiesel a partir da agricultura familiar; os resultados apresentados mostram que a estratégia e o processo de aquisição de matérias-primas foram organizados de modo a garantir e dar suporte aos objetivos do programa, embora em alguns momentos em detrimento da eficiência.

Dados da ANP a respeito das matérias-primas para produção de biodiesel, provenientes do Sistema de Informações e Movimentação de Produtos (Simp)[2], começaram a ser apurados a partir de novembro de 2008, quando apenas quatro matérias-primas foram contabilizadas para a produção de biodiesel: óleo de soja, com 78,5%; sebo bovino, com 16,1%; outros materiais graxos[3], com 2,86%; e óleo de algodão, com 2,54%.

BERGMANN *et al.* [36] apresentam o histórico de desenvolvimento da produção de biodiesel no Brasil, com ênfase na prioridade dada pelo PNPB à produção de oleaginosas a partir da agricultura familiar e da atuação do agronegócio. Explicam os autores que o óleo de soja, principal matéria-prima usada na produção de biodiesel no Brasil, tem baixa produtividade, o que justifica a busca por novas fontes oleaginosas para serem usadas. Estudos a respeito do potencial do óleo de fritura usado – como o realizado por ARAÚJO *et al.* [32] e CÉSAR *et al.* [33] – e do óleo de palma – como o apresentado por CÉSAR e BATALHA [34] – indicam a viabilidade dessas alternativas. Nesse sentido, CORDEIRO e RAMOS [48], ao traçarem um panorama da produção do biodiesel na América do Sul, argumentam que a busca de fontes alternativas é crítica para a sustentabilidade do

[2] Informações declaradas pelas usinas à ANP, em consonância com a Resolução ANP nº 729/2018 e a Resolução ANP nº 734/2018.
[3] Outros materiais graxos são definidos pela ANP como "misturas de matérias-primas tradicionais em tanque e reprocessamento de subprodutos gerados na produção de biodiesel".

programa de biodiesel. Assim, culturas perenes como a jatropha e a palma, disponíveis em regiões tropicais em cultivos não intensivos e não concorrentes com plantios voltados à produção de alimentos (como são os óleos de soja, de girassol e de canola), deveriam ser priorizados.

Nessa linha, BAILIS [49] analisa a dependência da produção do biodiesel em relação ao óleo de soja e discute a necessidade de encontrar alternativas para a introdução de volumes maiores de matérias-primas alternativas para comporem a cadeia de suprimento de biodiesel no Brasil. CREMONEZ *et al.* [31] explicam, nesse âmbito, que as dimensões continentais e o clima favorável do Brasil viabiliza o cultivo de amplo espectro de outras culturas, processo necessário para a diversificação das fontes de suprimento de insumos num cenário de aumento crescente de demanda pelo biodiesel e para viabilizar outras formas de uso, como o bioquerosene e os biocombustíveis de aviação.

De fato, ao longo do período compreendido entre 2005 e 2021, verificou-se um processo de diversificação das matérias-primas utilizadas para a produção do biodiesel, tanto em âmbito nacional quanto regional, embora essa variação ainda evidencie a predominância de poucas matérias-primas ao longo da série histórica, em geral relacionadas a complexos agroindustriais já consolidados como o da soja e da carne.

Em âmbito nacional, a Tabela 7 resume a evolução das participações das principais matérias-primas na produção de biodiesel entre 2005 e 2021.

Tabela 7. Evolução das participações dos grupos de matérias-primas na produção de biodiesel entre 2005 e 2021. Fonte: [3], elaboração própria.

Ano	Óleo de soja	Gordura animal	Outros óleos vegetais
2005	30,7%	0,0%	69,3%
2006	95,3%	1,2%	3,5%
2007	86,6%	8,4%	5,0%
2008	82,1%	13,1%	4,7%
2009	77,4%	15,8%	6,7%
2010	82,9%	12,7%	4,4%
2011	81,2%	13,4%	5,3%
2012	77,4%	16,8%	5,8%
2013	76,4%	19,8%	3,8%
2014	76,9%	19,8%	3,3%
2015	77,7%	18,8%	3,5%
2016	79,1%	16,3%	4,6%
2017	71,6%	16,8%	11,6%
2018	69,2%	16,1%	14,8%

2019	68,3%	14,1%	17,6%
2020	71,5%	11,3%	17,2%
2021	72,1%	10,5%	17,4%

A Tabela 7 traz, de modo agregado, a participação dos óleos vegetais e animais como insumo para o biodiesel desde o início do PNPB até o ano de 2021; devido à relevância do óleo de soja, este é considerado separadamente dos demais óleos vegetais. As gorduras animais contemplam o sebo bovino, a gordura de porco e a de frango; já os outros óleos vegetais abrangem o óleo de algodão, óleo de palma, óleo de fritura usado, óleo de milho, óleo de amendoim, óleo de nabo-forrageiro, óleo de girassol, óleo de mamona, óleo de sésamo, óleo de canola, e outros materiais graxos. Este último contempla a mistura de matérias-primas tradicionais em tanque e o reprocessamento de subprodutos gerados na produção de biodiesel.

Entre 2005 e 2021, observam-se quatro movimentos, conforme dados da Tabela 7:

- O primeiro movimento é percebido no início da série histórica, entre 2005 e 2006, À época de implementação do PNPB. No primeiro ano da série, a produção de biodiesel no Brasil, ainda incipiente, era preponderantemente oriunda de óleos vegetais, tendo o óleo de soja uma representatividade menor do que o conjunto dos demais óleos, como o óleo de mamona, de algodão, de palma, dentre outros. Porém, no ano seguinte, em 2006, com o início da estruturação do setor produtivo, no âmbito do recém-criado programa nacional de biodiesel, o óleo de soja assumiu o papel de principal matéria-prima utilizada, saltando de 30,7% para 95,3%. Em contrapartida, os outros óleos vegetais saltaram de 69,3% para 3,5%. Esse movimento consolidou a cadeia agroindustrial da soja como líder do setor de biodiesel desde então.

- O segundo movimento ocorre entre 2006 e 2009, compreendendo o período no qual mistura obrigatória de biodiesel no óleo diesel fóssil se institucionaliza. Ao longo desses anos, ocorre a progressiva entrada das gorduras animais no rol de matérias-primas, com destaque para o sebo bovino, movimento que acontece em detrimento da relevância relativa do óleo de soja. Assim, entre 2006 e 2009, por exemplo, as gorduras animais saltam de 1,2% para 15,8%, ao passo que o óleo de soja passa de 95,3% para 77,4%, explicado pela entrada de novos produtores no mercado, em geral vinculados à cadeia agropecuária e de frigoríficos. Também se

verifica um tímido aumento da participação dos outros óleos vegetais, que saem de 3,5% para 6,7%.

- O terceiro movimento acontece entre 2010 até 2015, quando é mantida relativa estabilidade entre os três grupos de matérias-primas. Nesse período, as gorduras animais alcançam sua máxima histórica de 19,8% e os outros óleos vegetais a mínima de 3,3%.

- O quarto movimento ocorre de 2016 a 2021, quando a demanda por matérias-primas sofre processo de reconfiguração. Por um lado, o óleo de soja sai de um patamar de 79,1% para 72,1% e as gorduras animais têm sua proporção reduzida de 16,3% para 10,5%; por outro lado, verifica-se uma ascensão expressiva dos outros óleos vegetais, que saltam de 4,6% para 17,4%.

Porém, esses movimentos precisam, para serem compreendidos, de análise detalhada acerca de dois fatores. Primeiramente, a abertura do grupo "outros óleos vegetais" e "gorduras animais", com vistas a identificar quais matérias-primas específicas são as responsáveis por cada consumo; e, em segundo lugar, a estratificação dos usos das matérias-primas entre as diferentes regiões brasileiras, haja vista existirem especificidades locacionais que, embora possam revelar determinada matéria-prima ser pouco relevante no plano nacional, podem evidenciar destacado uso na região.

Em relação ao primeiro fator, apresenta-se a Tabela 8, que sintetiza, para os anos entre 2018 e 2021, o registro do quarto movimento supracitado, necessário para a averiguação de como se organiza atualmente o setor de fornecimento de matérias-primas.

Tabela 8. Evolução das participações das matérias-primas na produção de biodiesel entre 2018 e 2021. Fonte: [3], elaboração própria.

Mês	Óleos Vegetais							Gorduras Animais		
	Óleo de Soja	Outros materiais graxos	Óleo de palma/dendê	Óleo de fritura	Óleo de algodão	Óleo de canola	Óleo de milho	Sebo bovino	Gordura de porco	Gordura de frango
jan/18	65,98%	9,17%	1,30%	1,20%	0,52%	0,07%	0,17%	18,10%	2,56%	0,93%
fev/18	67,90%	10,51%	1,44%	1,82%	0,16%	0,02%	0,17%	14,26%	2,41%	1,30%
mar/18	69,55%	9,61%	0,86%	1,85%	0,01%	0,00%	0,13%	14,61%	2,14%	1,24%
abr/18	70,14%	9,90%	1,18%	1,91%	0,01%	0,00%	0,14%	13,15%	2,15%	1,42%
mai/18	74,99%	7,85%	0,96%	1,83%	0,01%	0,00%	0,10%	11,52%	1,82%	0,93%
jun/18	73,21%	7,90%	0,52%	1,75%	0,10%	0,00%	0,11%	12,93%	2,44%	1,04%
jul/18	71,41%	8,75%	1,21%	1,94%	1,00%	0,00%	0,10%	12,13%	2,28%	1,18%

ago/18	74,14%	6,96%	0,70%	1,90%	1,25%	0,00%	0,17%	11,80%	2,41%	0,67%
set/18	69,27%	10,36%	1,01%	1,53%	2,01%	0,07%	0,07%	13,28%	2,08%	0,32%
out/18	68,60%	11,60%	1,15%	1,40%	2,13%	0,41%	0,07%	12,81%	1,48%	0,35%
nov/18	66,96%	12,24%	2,45%	1,37%	1,85%	0,21%	0,02%	12,60%	1,96%	0,35%
dez/18	67,84%	11,67%	3,22%	1,29%	1,21%	0,08%	0,00%	12,30%	1,96%	0,42%
jan/19	67,00%	12,49%	3,17%	1,88%	0,57%	0,00%	0,06%	12,47%	2,00%	0,36%
fev/19	66,83%	12,73%	1,54%	2,01%	0,57%	0,00%	0,01%	13,67%	2,08%	0,56%
mar/19	68,30%	12,78%	1,31%	1,46%	0,62%	0,00%	0,04%	12,99%	2,05%	0,45%
abr/19	69,80%	11,96%	1,33%	1,96%	0,31%	0,00%	0,01%	11,93%	2,19%	0,51%
mai/19	73,25%	10,52%	2,13%	0,96%	0,48%	0,00%	0,00%	10,73%	1,52%	0,41%
jun/19	71,28%	10,65%	2,19%	1,69%	0,36%	0,00%	0,01%	11,63%	1,79%	0,40%
jul/19	73,13%	11,97%	1,80%	1,50%	0,55%	0,00%	0,08%	8,12%	2,04%	0,81%
ago/19	70,02%	11,73%	1,97%	1,92%	1,14%	0,00%	0,00%	10,13%	2,23%	0,86%
set/19	66,71%	12,65%	2,14%	1,48%	2,20%	0,10%	0,04%	12,11%	1,94%	0,63%
out/19	65,53%	12,67%	1,62%	1,45%	2,18%	0,05%	0,45%	13,66%	1,83%	0,56%
nov/19	53,70%	8,31%	2,03%	1,10%	1,47%	0,33%	22,21%	8,84%	1,51%	0,50%
dez/19	70,39%	8,87%	2,95%	1,45%	1,92%	0,00%	0,37%	11,18%	2,18%	0,69%
jan/20	66,22%	11,59%	2,65%	1,56%	1,86%	0,25%	0,47%	12,58%	1,89%	0,92%
fev/20	69,02%	11,72%	1,76%	1,79%	1,74%	0,00%	0,27%	10,90%	2,11%	0,68%
mar/20	72,27%	11,63%	1,99%	1,73%	0,96%	0,00%	0,42%	8,26%	1,69%	1,05%
abr/20	75,19%	9,88%	1,11%	1,01%	0,59%	0,00%	0,49%	8,58%	2,54%	0,61%
mai/20	75,58%	9,43%	2,11%	0,93%	0,93%	0,00%	0,20%	7,57%	2,56%	0,68%
jun/20	69,52%	12,42%	3,32%	1,03%	0,83%	0,00%	0,14%	9,41%	2,73%	0,61%
jul/20	72,27%	10,89%	3,82%	0,89%	1,37%	0,00%	0,17%	7,54%	2,45%	0,61%
ago/20	72,25%	12,34%	2,59%	0,91%	2,23%	0,00%	0,13%	6,87%	1,82%	0,85%
set/20	72,13%	11,93%	1,96%	1,24%	2,45%	0,08%	0,21%	7,70%	1,67%	0,63%
out/20	72,46%	12,38%	2,26%	1,08%	2,36%	0,12%	0,19%	7,43%	1,41%	0,30%
nov/20	72,56%	12,11%	2,79%	1,09%	2,14%	0,12%	0,08%	7,56%	1,29%	0,25%
dez/20	68,07%	11,25%	3,71%	1,13%	2,31%	0,12%	0,08%	10,92%	2,04%	0,38%
jan/21	68,29%	10,57%	3,02%	1,14%	2,43%	0,06%	0,05%	11,70%	2,08%	0,67%
fev/21	70,47%	11,24%	3,18%	1,74%	2,16%	0,05%	0,07%	8,81%	2,12%	0,17%
mar/21	72,30%	11,54%	2,46%	1,42%	1,78%	0,01%	0,05%	8,38%	1,31%	0,75%
abr/21	74,30%	11,52%	2,65%	1,64%	0,52%	0,00%	0,17%	7,27%	1,20%	0,73%
mai/21	71,59%	13,32%	3,06%	1,66%	0,72%	0,00%	0,05%	7,02%	2,22%	0,35%
jun/21	74,83%	11,85%	2,01%	1,42%	1,06%	0,00%	0,14%	6,56%	1,71%	0,42%
jul/21	75,71%	10,78%	1,64%	1,63%	1,06%	0,00%	0,06%	5,77%	2,77%	0,57%
ago/21	75,01%	11,62%	1,73%	1,52%	1,01%	0,00%	0,09%	5,53%	2,56%	0,93%
set/21	70,51%	12,38%	2,10%	1,98%	1,74%	0,00%	0,00%	7,52%	2,47%	1,29%
out/21	71,15%	12,12%	2,41%	1,98%	1,84%	0,19%	0,01%	7,06%	1,92%	1,31%
nov/21	69,28%	12,36%	2,85%	1,86%	1,83%	0,28%	0,12%	8,21%	1,69%	1,52%
dez/21	71,23%	9,76%	2,86%	2,06%	2,09%	0,09%	0,08%	9,07%	1,57%	1,19%

A Tabela 8 permite as seguintes conclusões sobre a evolução do uso das matérias-primas dentro dos grupos "outros óleos vegetais" e "gorduras animais".

- Em relação aos "outros óleos vegetais", verifica-se a predominância dos denominados "outros materiais graxos", que se constituem, como já mencionado anteriormente, em misturas de matérias-primas tradicionais nos tanques e reprocessamento de subprodutos gerados na produção de biodiesel. Esse fato demonstra, por um lado, o desenvolvimento de uma economia circular nas próprias unidades produtivas, mas por outro indica a continuidade da predominância do complexo da soja na cadeia de fornecimento. Além disso, num patamar inferior de participação, destacam-se o óleo de palma, o óleo de algodão e o óleo de fritura usado.
- Em relação às "gorduras animais", confirma-se a prevalência do sebo bovino como a matéria-prima mais utilizada, em que pese a sua redução gradual ao longo da série histórica.

De modo geral, percebe-se que nos anos recentes ocorre uma relativa diversificação das matérias-primas utilizadas para produção do biodiesel, especialmente devido à redução da participação relativa do óleo de soja e do sebo bovino. Contudo, esse processo caracteriza-se mais pela adoção de práticas de aproveitamento de resíduos no âmbito das próprias unidades industriais, no caso do aumento do uso de 'outros materiais graxos' e pelo aumento de participação de matérias-primas oriundas de outras culturas também integradas aos grandes complexos agroindustriais, do que pelo avanço daquelas oriundas de culturas de menor porte. Esse fato, contudo, não significa que a agricultura familiar não tenha sido incorporada ao processo; na prática, o que ocorreu foi o incentivo à agricultura familiar de produtores de soja como fornecedoras no âmbito desses complexos, como será demonstrado na próxima seção.

Finalmente, em relação às participações regionais das matérias primas, é apresentada, na Tabela 9, a distribuição das matérias-primas entre as distintas regiões, de acordo com o uso feito no ano de 2021. Optou-se por trazer a informação mais recente da série histórica com vistas a cumprir o objetivo de identificar em quais regiões cada insumo tem predominância. Esse dado, quando contrastado com o consolidado nacional, permite esclarecer se há matérias-primas que, embora menos relevantes nacionalmente, têm expressividade local.

Tabela 9. Distribuição regional das matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel em 2021. Fonte: [3], elaboração própria.

Matéria-prima	Brasil	Norte	Nordeste	Centro-oeste	Sudeste	Sul
Óleo de Soja	72,11%	81,29%	51,21%	79,31%	22,53%	75,45%
Outros Materiais Graxos	11,60%	12,40%	6,34%	12,47%	6,77%	12,24%
Gordura Bovina	7,70%	2,00%	12,90%	2,24%	31,72%	8,39%
Óleo de Palma/Dendê	2,48%	4,17%	24,85%	1,82%	0,46%	0,12%
Gordura de Porco	1,96%	0,00%	0,00%	0,84%	15,43%	1,42%
Óleo de Fritura	1,67%	0,04%	0,10%	0,09%	18,39%	1,00%
Óleo de Algodão	1,51%	0,10%	4,60%	3,16%	0,06%	0,02%
Gordura de Frango	0,83%	0,00%	0,00%	0,02%	3,83%	1,23%
Óleo de Milho	0,07%	0,00%	0,00%	0,05%	0,81%	0,01%
Óleo de Canola	0,06%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,12%
Óleo de Palmiste	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%
Representatividade das regiões no consumo nacional de matéria-prima		2,16%	6,53%	37,67%	6,31%	47,33%

A Tabela 9 evidencia relevantes aspectos da distribuição regional do uso das matérias-primas:

- A região Norte concentra sua produção no óleo de soja (81,29%) e nos outros materiais graxos (12,40%), tendo pouca expressividade das demais matérias-primas;
- A região Nordeste faz uso inferior à média nacional em relação ao óleo de soja (51,21%) e aos outros materiais graxos (6,34%), mas, em compensação, usa em proporção superior à nacional a gordura bovina 12,90%). Além disso, tem como especificidade local o largo uso de óleo de palma/dendê (24,85%) e o uso marginal do óleo de algodão (4,60%);
- A região Centro-Oeste concentra sua produção de biodiesel a partir de óleos vegetais, especialmente o óleo de soja, cuja média é superior à média nacional (79,31%), seguida pelos outros materiais graxos (12,47%) e pelo óleo de algodão (3,16%). O recurso à gordura bovina situa-se abaixo da média nacional, sendo responsável por apenas 2,24% da produção de biodiesel.
- A região Sudeste apresenta algumas peculiaridades. A primeira delas é o fato de ser a região que menos utiliza o óleo de soja (22,53%) e a que mais utiliza o sebo bovino (31,72%). A segunda é a expressiva relevância da gordura de porco (15,43%) e do óleo de fritura (18,39%), característica específica desta região,

além da gordura de frango, a qual, embora em percentual baixo (3,83%), situa-se bastante acima da média nacional. Essas particularidades se explicam pelas características dos complexos agroindustriais instalados na região, mais concentrados em atividades frigoríficas e de abate, e numa rede de coleta de óleo de fritura usado, pouco usada nas demais regiões.

- A região Sul, por fim, concentra sua produção basicamente no óleo de soja (75,45%), nos outros materiais graxos (12,24%) e na gordura bovina (8,39%), seguindo padrão similar ao nacional.

Também na Tabela 9 detalha-se a representatividade de cada região na produção de biodiesel, restando evidenciado que a as regiões Centro-Oeste e Sul representam, conjuntamente, 85,00% do consumo de matérias-primas. Esse fato faz com que os perfis dessas regiões tenham peso na determinação do perfil nacional do consumo e fortalece a necessidade de se averiguar as especificidades das demais regiões, com vistas à boa compreensão suprimento do mercado nacional.

2.3.1.4. Indicadores (1.f), (1.g) e (1.h): adesão de usinas ao Selo Biocombustível Social (SBS), comparação da participação regional na produção de biodiesel e na aquisição de matérias-primas no âmbito do SBS, e evolução da diversificação da matéria-prima adquiridas no âmbito do SBS

O Selo Biocombustível Social constitui um dos pilares do programa brasileiro do biodiesel, sendo responsável por sua estratégia de inclusão social. Os produtores detentores desse Selo, ao cumprirem as exigências de aquisição mínima de matéria-prima oriunda da agricultura familiar, logram, além dos benefícios tributários, a possibilidade de ter prioridade na venda de biodiesel nos leilões de biodiesel. Em consequência dessa regra, o mecanismo dos leilões foi fator de incentivo à busca pelo SBS por parte dos produtores e, por isso, avaliar a adesão das empresas ao Selo representa avaliar também a contribuição dos leilões para o êxito do pilar social do PNPB, unindo objetivos relacionados à política agrícola aos relacionados à política energética.

Em termos institucionais, os objetivos do Selo Biocombustível Social foram insculpidos em suas normas criadoras e regulamentadoras. A Lei n° 11.097/2005, que introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira, estabeleceu, em seu art. 2°, como diretrizes da produção e comercialização do biodiesel a participação da agricultura familiar na oferta de matérias-primas (inciso II) e a redução das desigualdades regionais

(inciso III). Essas diretrizes foram posteriormente reforçadas na Lei n° 13.033/2014, que revogou a Lei n° 11.097/2005, em especial através de seu art. 3°, pelo qual *"o biodiesel necessário à adição obrigatória ao óleo diesel deverá ser fabricado preferencialmente a partir de matérias-primas produzidas pela agricultura familiar, e caberá ao Poder Executivo federal estabelecer mecanismos para assegurar sua participação prioritária na comercialização no mercado interno"*.

O Poder Executivo definiu dois mecanismos para a garantia da participação prioritária da agricultura familiar: (i) a reserva de mercado no fornecimento de biodiesel para o cumprimento da mistura obrigatória no óleo diesel e (ii) as isenções e reduções fiscais advindas de percentuais de aquisição mínimos de matéria-prima oriunda da agricultura familiar, para a produção de biodiesel. É no contexto desses dois instrumentos que o Selo Biocombustível Social desempenha seu papel no PNPB.

Esse papel teve seu desenho de regras elaborado através do Decreto n° 5.297/2004, que estabeleceu o Selo Combustível Social (SCS) – convertido em Selo Biocombustível Social (SBS) através do Decreto n° 10.527/2020, e da Instrução Normativa n° 1/2005, do Ministério do Desenvolvimento Agrário, que estabeleceu os critérios para a concessão do Selo, ancorando-os nos seguintes fundamentos: (i) o potencial representado pelos combustíveis de biomassa para ampliação e diversificação da matriz energética brasileira; (ii) o potencial de inclusão social e de geração de emprego e renda que a cadeia produtiva do biodiesel apresenta para os agricultores familiares do Brasil; (iii) o grande contingente de agricultores familiares nas regiões Norte e Nordeste, e a necessidade implementar ações para geração de emprego e renda; e (iv) a necessidade do desenvolvimento de políticas públicas voltadas à descentralização do desenvolvimento para as regiões Norte e Nordeste do Brasil,

Esses fundamentos conferem destaque a duas diretrizes do PNPB e do SBS: (i) a garantia de participação da agricultura familiar no fornecimento de matérias-primas para a produção de biodiesel, visando à diversificação dos insumos e descentralização produtiva, e (ii) a redução das desigualdades regionais na produção de biodiesel. Não por acaso, tais fundamentos foram mantidos nos normativos sucedâneos, ao longo dos anos, seja de modo explícito nos comandos das normas, seja através de concessão de incentivos fiscais mais vantajosos para determinadas matérias-primas e de matérias-primas oriundas de determinadas regiões do Brasil, com claro objetivo de diversificação e descentralização.

Portanto, para análise dos resultados do programa do Selo Biocombustível Social, são propostos três indicadores:

- Adesão de usinas ao Selo Biocombustível Social (SBS) – indicador *(1.f)*;
- Comparação da participação regional na produção de biodiesel e na aquisição de matérias-primas no âmbito do SBS – indicador *(1.g)*; e
- Evolução da diversificação das matérias-primas adquiridas no âmbito do SBS – indicador *(1.h)*.

Para a mensuração do indicador *(1.f)*, dois objetivos concomitantes são abordados:

- A evolução da proporção de usinas detentoras do SBS nos leilões e da capacidade de oferta de biodiesel por parte dessas usinas. Essa análise permite averiguar o aspecto quantitativo da incorporação do Selo entre os participantes dos leilões;
- O impacto dessa adesão ao Selo sobre os agricultores familiares, em relação ao número de famílias impactadas e à evolução da renda por elas auferida. Essa análise permite verificar se o SBS gerou, de modo efetivo, a inclusão social almejada pelo programa.

A evolução da representatividade do SBS, seja em número de usinas, seja em capacidade de oferta dessas usinas nos leilões, indica que, ao longo da série histórica entre 2013 e 2021, mais de 90% das usinas detêm o SBS, cujo peso no volume total de oferta nos leilões é superior a 95%. Esses dados são resumidos na Tabela 10.

Tabela 10. Participação do Selo Biocombustível Social nas usinas ofertantes nos leilões de biodiesel entre 2013 e 2021. Fonte: [3], elaboração própria.

Ano	**Número de habilitações**		**Capacidade de oferta das usinas habilitadas (mil m³)**		**Representatividade das usinas com Selo**	
	Com Selo	Sem Selo	Com Selo	Sem Selo	Número de Usinas	Capacidade de oferta
2013	238	20	6.141	224	92,2%	96,5%
2014	232	24	6.465	304	90,6%	95,5%
2015	218	15	6.415	117	93,6%	98,2%
2016	201	2	6.343	8	99,0%	99,9%
2017	206	13	6.734	72	94,1%	98,9%
2018	209	21	7.194	180	90,9%	97,6%
2019	224	11	7.968	133	95,3%	98,4%
2020	232	20	8.956	221	92,1%	97,6%
2021	256	7	10.764	28	97,3%	99,7%

A Tabela 10 mostra o sucesso do SBS em servir como mecanismo de inclusão social no âmbito do PNPB, haja vista evidenciar o esforço dos produtores de biodiesel em seguir o regramento de incentivo à agricultura familiar. Para avaliar os aspectos qualitativos da eficácia desse resultado, é necessário, contudo, responder a dois questionamentos. O primeiro é: tendo em vista que a maioria das usinas detêm o SBS, qual o percentual de matéria-prima dessas usinas, em média, que tem origem na agricultura familiar? O segundo: em relação às famílias beneficiadas pelo SBS, qual a quantidade de famílias, em quais regiões estão localizadas e qual o impacto do programa sobre sua renda média?

Para responder à primeira pergunta, é necessário compreender o funcionamento da cadeia de fornecimento de matéria-prima aos produtores de biodiesel. A principal matéria-prima utilizada na produção de biodiesel, ao longo de toda a série histórica, conforme explanado na subseção anterior, é o óleo de soja. Segundo o "Balanço do Selo Biocombustível Social 2019", publicado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), as aquisições da agricultura familiar pelas usinas de biodiesel são centralizadas na soja, que em 2019 representaram, aproximadamente, 97% da média do volume total de matéria-prima adquirida no âmbito do SBS [50].

O levantamento e a sistematização da produção agropecuária da agricultura familiar são realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), por meio do Censo Agropecuário de 2006 e do Censo Agropecuário, Florestal e Aquícola de 2017. A análise dos resultados desses dois últimos censos permite averiguar com precisão os resultados qualitativos dessa política.

O Censo Agropecuário de 2006 coincidiu com o início do SBS e ocorreu quando a mistura do biodiesel no óleo diesel fóssil não era ainda obrigatória. O Censo Agropecuário, Florestal e Aquícola de 2017, por sua vez, coletou informações num momento em que o programa do biodiesel completava uma década de existência e quando a mistura já era obrigatória e se encontrava no mandato de 8%. Em que pese não se ter informação disponível a partir de 2017, a realização de um contrafactual entre os principais resultados do uso do SBS pelas usinas participantes dos leilões, na comparação dos resultados dos dois censos, confere argumentação suficiente para a avaliação do alcance do objetivo institucional de inclusão social do programa.

Para essa análise, são avaliadas: (i) a participação da agricultura familiar na produção de soja, utilizada para suprimento de matéria-prima para a produção de biodiesel; e (ii) o impacto do SBS na produtividade dos agricultores familiares e na renda dessas famílias.

Em relação ao primeiro ponto, a participação da agricultura familiar sob o Selo Biocombustível Social, em comparação com a agricultura não familiar, é apresentada na Tabela 11.

Tabela 11. Participação da agricultura familiar na produção de soja em 2006 e 2017. Fonte: [51, 52], elaboração própria.

Censo Agropecuário 2006		**Censo Agropecuário 2017**	
Agricultura familiar	**Agricultura não familiar**	**Agricultura familiar**	**Agricultura não familiar**
6.464 mil tons 14,0%	39.731 mil tons 86,0%	9.558 mil tons 9,3%	93.597 mil tons 90,7%

A Tabela 11 demonstra que a produção de soja é cultivada, principalmente, pela agricultura não familiar. Resta evidente que, no período entre 2006 e 2017, a produção de soja da agricultura familiar avançou 47,9%, saindo de 6.464 para 9.558 mil toneladas, embora o peso da participação dessa produção oriunda da agricultura familiar tenha passado de 14% para 9,3%. De acordo com o Censo Agropecuário de 2017, o número de estabelecimentos da agricultura familiar que produziram soja em todo país totalizou 164.710 unidades. Nesse mesmo ano, 59.909 agricultores familiares forneceram matéria-prima para a produção de biodiesel por meio do SBS, dos quais 98,9% forneceram soja (grãos e óleo), representando aproximadamente 36% do número de estabelecimentos da agricultura familiar que plantaram soja. Porém, esse crescimento não foi bem distribuído: 85,2% da produção de soja da agricultura familiar foi concentrada na região Sul, conforme situação em 2017. Desse modo, é patente que, embora tenha havido expansão da agricultura familiar como fornecedora de matéria-prima para produção do biodiesel a ser ofertado nos leilões, houve predominância da soja em detrimento dos demais insumos e ocorreu centralização dos benefícios nos estados do sul do Brasil [51, 52].

Das 9.558.657 toneladas de soja produzidas em 2017 pela agricultura familiar, um total de 3.023.852 toneladas foram comercializadas por meio do SBS para as empresas de biodiesel (31,6%). O sucesso da inclusão dos agricultores familiares na cadeia do biodiesel se deu pelo interesse das empresas obterem o SBS para ter acesso aos 80% da

comercialização diferenciada de biodiesel, que, em contrapartida garantiu aos agricultores familiares contratos antecipados ao plantio, aquisição da produção e a prestação de serviços de assistência técnica gratuita.

Essa assistência técnica gerou influência positiva na produtividade da soja, constituindo faceta adicional do pilar social do programa de biodiesel. De acordo com os dados dos censos agropecuários supramencionados, a produtividade média da soja gerada pela agricultura familiar saltou de 2,37 toneladas por hectare, em 2006, para 3,36 toneladas por hectare, em 2017, crescendo 41,7% no período e alcançando a média nacional de produtividade dos demais produtores de soja [51, 52].

A assistência técnica e o fomento (doações), realizados tanto pelos produtores de biodiesel quanto pelo governo, desempenham papel importante nesse incremento de produtividade, haja vista serem direcionados à capacitação e instrução técnica para o cultivo e manejo, para análise do solo e para gestão de sementes, mudas, calcário, adubos e maquinários. A título exemplificativo, em 2019 foram investidos R$ 53,2 milhões pelas empresas de biodiesel em assistência técnica aos agricultores familiares, representando valor aproximado de R$ 898,00 por agricultor familiar ao ano. No mesmo ano, o Governo Federal investiu R$ 98 milhões com assistência técnica e extensão rural, acompanhando, aproximadamente, 61.500 mil famílias, ao valor médio anual de, aproximadamente, R$ 1.593,00 por família [53]. Em 2020, por sua vez, foram investidos com assistência técnica e fomento pelas empresas de biodiesel um montante de R$ 67,5 milhões aos agricultores familiares, o que totaliza R$ 909,70 por família [50].

Por fim, o último fator a ser analisado é a evolução da renda média do agricultor familiar que fornece matéria-prima para produção de biodiesel a ser ofertado nos leilões. Essa informação é sintetizada na Figura 9.

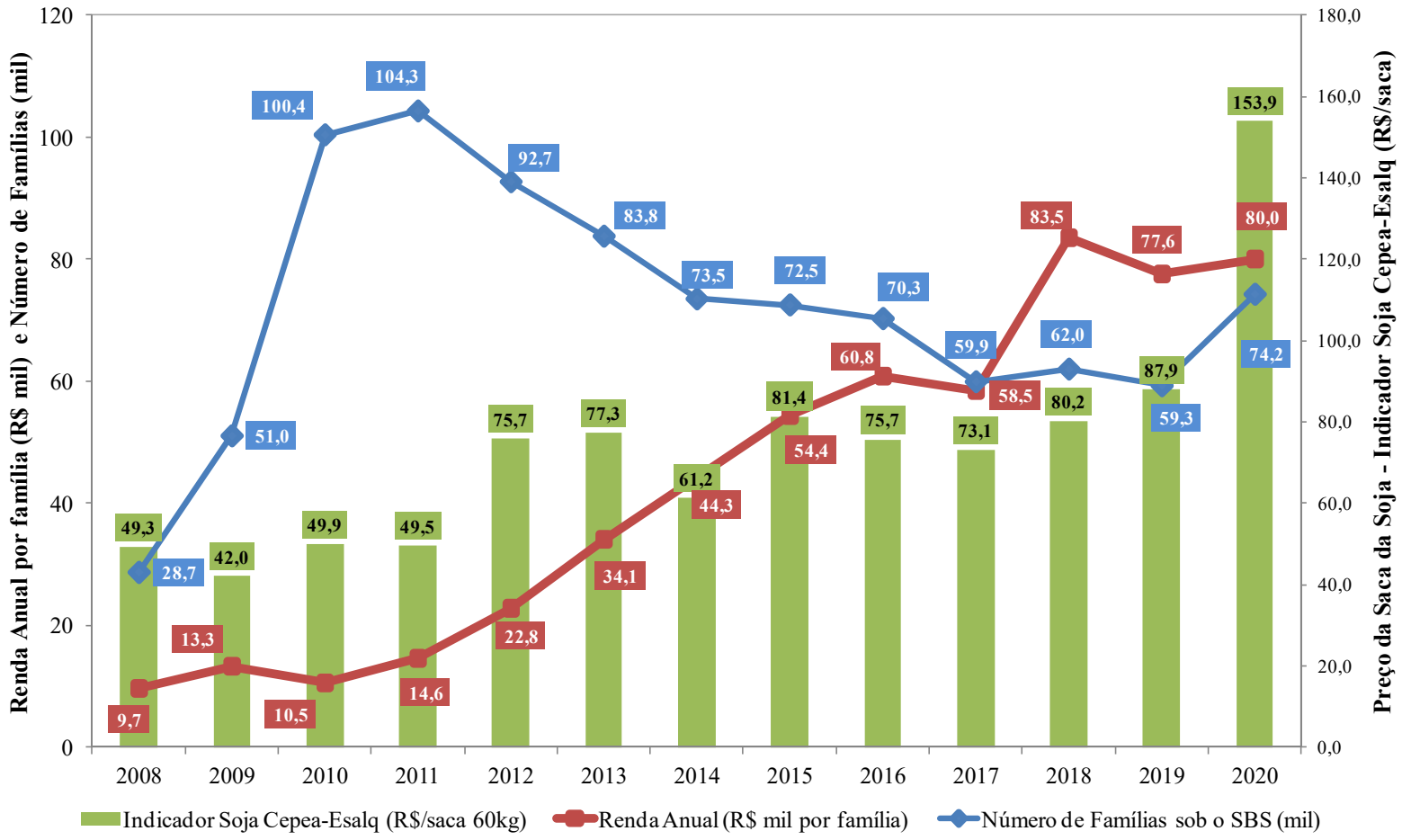


Figura 9. Evolução da renda anual média da agricultura familiar entre 2008 e 2020, em comparação com a evolução do número de famílias abrangidas pelo SBS e com preço da soja em grãos. Fonte: [50], elaboração própria.

A Figura 9 demonstra que, desde o início do SBS, a renda média anual dos agricultores que participam no fornecimento de matéria-prima para a produção de biodiesel cresce ao longo da série histórica entre 2008 e 2020, saltando de um patamar de R$ 9.650 em 2008 para R$ 80.029 em 2020, um resultado positivo expressivo em termos nominais. Deve-se observar, entretanto, que esse crescimento de renda anual média do agricultor familiar nos arranjos do SBS se deve não apenas a uma elevação referente a uma ampliação da cobertura do programa do Selo, mas também a outros fatores. A Figura 9 ilustra que, enquanto entre 2010 e 2020 a renda média anual das famílias aumentou oito vezes, parcela significativa desse aumento é explicada pela redução do número de famílias abrangidas pelo programa, que decresceu 25% nesse período, e pela elevação dos preços da saca da soja em cerca de 200%, entre 2008 e 2020. Também se registrou, nesse período, uma inflação acumulada pelo IPCA de 103,56%, indicando a necessidade de correção dos valores. Adicionalmente, ressalta-se que a cotação da soja, embora expressa em reais por saca de sessenta quilos, tem seu valor influenciado pela cotação internacional da soja e pela taxa de câmbio. Assim, todos esses fatores, com destaque para a diminuição do número de famílias contempladas e o aumento dos preços nominais dos insumos e da inflação no período estudado, relativizam parte do alcance dos objetivos sociais do SBS no PNPB.

Questão relevante a ser destacada a respeito das aquisições de matérias-primas da agricultura familiar nos arranjos do SBS é o fato de que parcela significativa do valor da produção da agricultura familiar, embora adquirida pelos produtores de biodiesel, não ser utilizada de fato para produzir biodiesel. Segundo dados do Balanço do Selo Biocombustível Social [50], apenas 59,6% do valor das matérias-primas adquirida pelos produtores de biodiesel foram transformadas no biocombustível. Um total de 40,4% do valor das matérias-primas adquiridas tem destinação distinta, como a revenda. Isso significa que parte expressiva dos produtores de biodiesel adquirem matéria-prima visando à obtenção do SBS (e, consequentemente, acesso prioritário ao mercado consumidor), sem necessariamente converter esse insumo em biodiesel, realidade que demonstra descasamento entre os objetivos agrícolas e energéticos da política pública.

Para compreender a dimensão dessa disparidade entre a matéria-prima adquirida da agricultura familiar nos arranjos do SBS, convém analisar os resultados setoriais de 2020. Neste ano, os produtores de biodiesel despenderam, na compra matéria-prima oriunda da agricultura familiar, o montante de R$ 5,94 bilhões, para cumprir os compromissos

assumidos entre os leilões L70 e L76. Ao se avaliar a receita obtida pelos produtores com a venda de biodiesel nesses leilões, as usinas faturaram, em 2020, R$ 26,2 bilhões, de modo que o valor adquirido da agricultura familiar deveria representar 22,6% do valor do biodiesel comercializado [50, 57]. Porém, como apenas 59,6% do valor dessas matérias-primas foram de fato incorporados à produção do biocombustível, essa representatividade cai para 13,5%; ou seja, é possível afirmar que, por um lado, houve de fato o incentivo à formação de uma cadeia de fornecimento ancorada na agricultura familiar, mas, por outro lado, parcela significativa dessas matérias-primas não são convertidas em biodiesel, tendo destinação distinta àquela prevista pela política energética e cumprindo papel meramente cartorial.

A expressividade dessas cifras é indicativa da relevância do PNPB e dos leilões de biodiesel como mecanismo de alavancagem aos pilares social e agrícola do programa do Selo Biocombustível Social, mas revelam um conjunto de oportunidades de melhoria no que tange ao seu pilar energético, tão importante quanto os demais, em especial porque o SBS é intrinsecamente atrelado à produção de comercialização do biodiesel nacional.

Esse descasamento entre os pilares social e agrícola e o pilar energético do programa do SBS se manifesta em duas frentes.

A primeira frente é a que foi apresentada nos parágrafos anteriores, referente à aquisição de matéria-prima da agricultura familiar sob os arranjos do SBS, mas a não destinação de parcela significativa dessas matérias-primas à produção de biodiesel, tendo outras destinações não relacionadas à finalidade energética. As distorções advindas dessa disparidade se manifestam nos instrumentos escolhidos pelo Governo Federal para incentivar a agricultura familiar no âmbito do PNPB. Nesse âmbito, a Lei n° 13.033/2014, que dispõe sobre a adição obrigatória de biodiesel no óleo diesel, estipula, em seu art. 3°, que *"o biodiesel necessário à adição obrigatória ao óleo diesel deverá ser fabricado preferencialmente a partir de matérias-primas produzidas pela agricultura familiar, e caberá ao Poder Executivo federal estabelecer mecanismos para assegurar sua participação prioritária na comercialização no mercado interno"*. O Governo Federal estabeleceu dois mecanismos principais para assegurar essa participação prioritária: reduções e isenções tributárias federais para produtores de biodiesel que privilegiam matérias-primas oriundas da agricultura familiar e reserva de mercado de 80% do mercado nacional de biodiesel para os produtores detentores do Selo Biocombustível Social.

- Mecanismo n° 1 → as reduções e isenções tributárias federais aos produtores de biodiesel utilizam matérias-primas adquiridas da agricultura familiar nos arranjos do SBS, nos termos da Lei n° 11.116, de 18 de maio de 2005 e suas normas infralegais regulamentadoras, especialmente o Decreto n° 10.527/2020. O art. 5° da Lei n° 11.116/2020 determina a possibilidade de serem aplicados coeficientes de redução (que foram implementados através de novas infralegais) às alíquotas de PIS-Pasep e Cofins, diferenciados em função da matéria-prima usada na produção de biodiesel, da região de produção dessa matéria-prima e do fornecedor (leia-se, o agricultor familiar nos arranjos do SBS), o que cria incentivos para que, em tese, se incentive não apenas a aquisição prioritária de matéria-prima da agricultura familiar, como também a diversificação regional e de insumos para a produção do biodiesel. Frisa-se que o art. 5° c/c art. 9° da Lei n° 11.116/2005 esclarecem que os benefícios fiscais somente serão auferíveis apenas para o equivalente da parcela de matéria-prima utilizada para a produção de biodiesel, o que significa que, como 40,4% do valor total das matérias-primas adquiridas pelas empresas de biodiesel tiveram destinação diversa da produção de biodiesel, parcela relevante dos produtores de biodiesel não pôde aproveitar integralmente esse mecanismo.
- Mecanismo n° 2 → a reserva de mercado de 80% do mercado nacional de biodiesel para os produtores detentores do Selo Biocombustível Social, em contrapartida, não diferencia sobre a destinação dada pelos produtores de biodiesel para a matéria-prima adquirida da agricultura familiar. Como consequência, dado que 40,4% do valor da matéria-prima adquirida sob os arranjos do SBS não é utilizado para produção de biodiesel, e há um conjunto extenso de produtores de biodiesel que adquirem matéria-prima da agricultura familiar, revendem-na e logram a obtenção do SBS. Com isso, parcela representativa dos produtores de biodiesel realizam triangulação comercial das matérias-primas, alcançam o percentual mínimo de aquisição da agricultura familiar para a obtenção da concessão do Selo e, por fim, garantem o benefício mercadológico de acesso prioritário mercado nacional de biodiesel, sem, de fato, contribuir para a expansão da produção de biodiesel no que se refere a essa parcela de matéria-prima não processada nas usinas de biodiesel. Isso representa uma oportunidade de melhoria na política pública, haja vista que o conjunto de regras

atual está criando benefícios comerciais a produtores de biodiesel que, do ponto de vista da política energética, não estão contribuindo para expandir a produção de biodiesel por meio do uso de matéria-prima oriunda da agricultura familiar. Ao contrário do mecanismo de isenção tributária federal, pelo qual o benefício somente é auferido pelo produtor de biodiesel na medida exata do volume de matéria-prima da agricultura familiar processada para a produção de biodiesel, o mecanismo de acesso prioritário ao mercado consumidor de biodiesel pelos detentores do SBS confere esse benefício sem vínculo obrigatório com o uso da matéria-prima para a produção de biodiesel.

Em relação ao Mecanismo nº 2, destaca-se que, para usufruir do benefício da reserva de mercado, basta possuir o Selo Biocombustível Social, regulamentado pelo Decreto n° 10.527/2020 e a Portaria MAPA n° 272/2021. Os critérios para a concessão do SBS estão insculpidos, principalmente, nos §§ 1° e 2° do Decreto n° 10.527/2020 e no caput do art. 3° e no § 9° da Portaria MAPA n° 272/2021. Esses dispositivos, em conjunto, definem que o critério para a obtenção do SBS é a aquisição de matéria-prima da agricultura familiar pelo produtor de biodiesel, em percentuais mínimos, a depender de uma combinação de critérios referentes à região e à cultura agrícola.

A segunda frente refere-se análise da contribuição da agricultura familiar para o alcance dos objetivos institucionais do PNPB, referentes à (i) diversificação regional da produção de biodiesel e do suprimento de matérias-primas a partir da agricultura familiar e à (ii) diversificação dos tipos de matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel. Essa análise é realizada por meio dos resultados dos indicadores *(1.g)* e *(1.h)*.

O indicador *(1.g)*, referente à comparação das participações regionais na produção de biodiesel e na aquisição de matérias-primas da agricultura familiar sob o arranjo do SBS, é explorado através da Tabela 12 e das Figuras 10 e 11. O objetivo é averiguar se a evolução do uso de matéria-prima da agricultura familiar contribuiu, de algum modo, para a diversificação regional da produção de biodiesel, haja vista o Selo Biocombustível Social ser um dos instrumentos da política pública criados para induzi-la, por meio das regras de qualificação ao Selo que beneficiam as regiões Norte e Nordeste.

Nesse sentido, a Tabela 12 e a Figura 10 apresentam a evolução da participação regional na produção de biodiesel entre 2005 e 2021.

Tabela 12. Evolução da participação regional na produção de biodiesel entre 2005 e 2021. Fonte: [3], elaboração própria.

Ano	Centro-Oeste	Sul	Sudeste	Nordeste	Norte
2005	0,0%	3,5%	6,0%	21,2%	69,3%
2006	14,7%	0,1%	31,2%	50,4%	3,5%
2007	31,1%	10,6%	9,2%	42,6%	6,6%
2008	45,1%	26,8%	15,9%	10,8%	1,4%
2009	39,8%	29,7%	17,7%	10,2%	2,6%
2010	42,7%	28,3%	17,6%	7,4%	4,0%
2011	38,8%	36,6%	14,2%	6,6%	3,9%
2012	42,8%	34,1%	9,4%	10,8%	2,9%
2013	40,6%	38,8%	9,0%	9,5%	2,1%
2014	43,0%	39,8%	7,9%	6,8%	2,5%
2015	44,4%	38,4%	7,5%	8,0%	1,7%
2016	43,3%	41,0%	6,7%	8,0%	1,0%
2017	44,2%	41,1%	7,8%	6,8%	0,2%
2018	41,3%	41,2%	8,6%	7,1%	1,9%
2019	41,4%	40,6%	8,5%	7,7%	1,8%
2020	37,1%	45,4%	7,9%	7,4%	2,3%
2021	35,3%	49,5%	6,3%	6,7%	2,1%

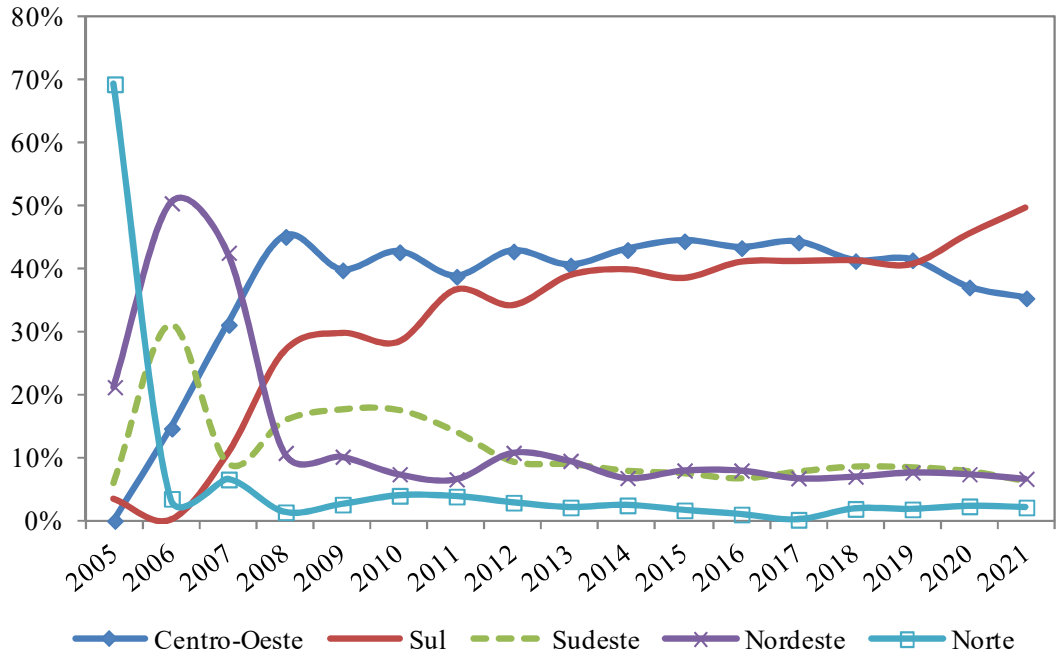
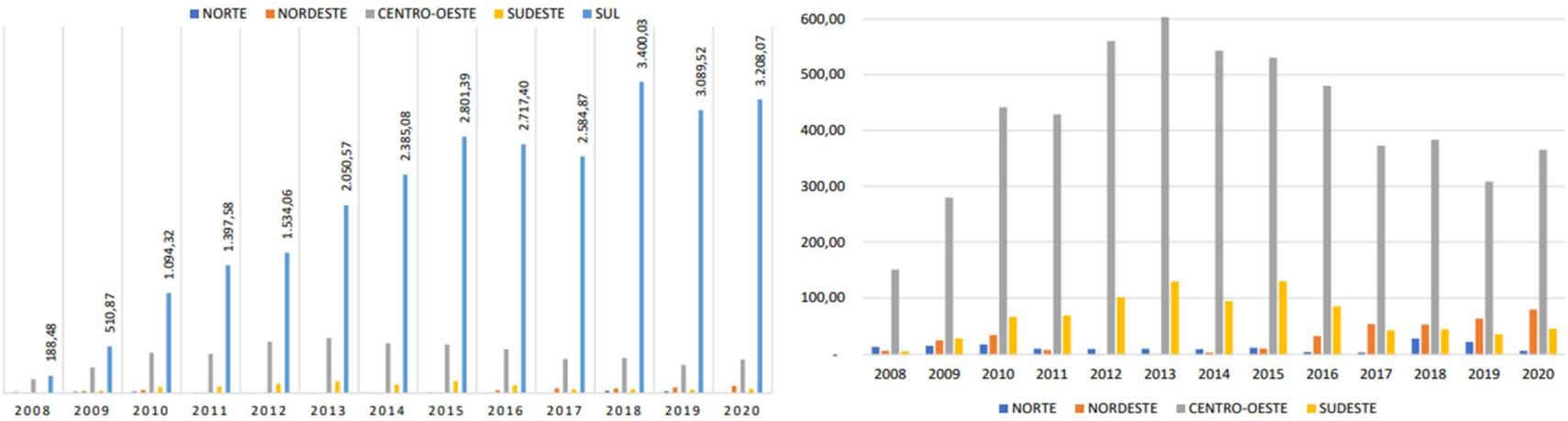


Figura 10. Evolução da participação regional na produção de biodiesel entre 2005 e 2021. Fonte: [3], elaboração própria.

A Tabela 12 e a Figura 10 demonstram, especialmente a partir do ano de 2008, um processo de concentração da produção de biodiesel nas regiões Centro-Oeste e Sul, com representatividade conjunta oscilando entre 80% e 85% nos últimos anos da série histórica, e de redução expressiva da participação das demais regiões. Explicação desse processo de concentração encontra-se na estruturação de um parque industrial ancorado em uma cadeia de suprimento de matérias-primas baseada primordialmente no óleo de soja e na gordura animal, como evidenciado nas Tabelas 7 a 9. Ao se analisar esse resultado, pode-se inferir que a aquisição de matérias-primas oriundas da agricultura familiar, instrumentalizada pelo Selo Biocombustível Social e constatado o fato de que quase todas as usinas de biodiesel possuem o SBS, não logrou induzir a diversificação produtiva do biodiesel entre as regiões brasileiras.

Para averiguar, especificamente no escopo do programa do SBS, a evolução das matérias-primas da agricultura familiar adquiridas pelos produtores de biodiesel ao longo de série histórica entre 2008 e 2020, apresenta-se a Figura 11.



(A) Distribuição regional das aquisições da agricultura familiar sob SBS (mil tons)

(B) Distribuição regional de aquisições da agricultura familiar sob SBS, sem Região Sul (mil tons)

Figura 11. Evolução da distribuição regional das aquisições da agricultura familiar, nos arranjos do Selo Biocombustível Social (mil toneladas). Fonte: [50].

Em relação ao objetivo de incentivar a diversificação regional da produção de biodiesel, a Figura 11, subdividida em dois gráficos, traz importantes informações. Em primeiro lugar, conforme destacado na Figura 11(A), entre 2008 e 2020, a participação da região Sul nas aquisições de matérias-primas da agricultura familiar nos arranjos do SBS situa-se em patamar significativamente superior (R$ 3,2 milhões de toneladas em 2020) ao das aquisições verificadas nas demais regiões (inferiores a 350 mil toneladas em 2020). Ademais, as aquisições de matéria-prima da agricultura familiar na região Sul apresentam processo de ampliação de sua participação relativa desde o início da série histórica.

A Figura 11(B), em complemento, detalha a evolução das demais regiões (exceto a Sul) nas aquisições de matérias-primas da agricultura familiar, e o que se observa é, a partir de 2013, um processo de redução acentuada dos volumes adquiridos das regiões Centro-Oeste e Sudeste, de estagnação das aquisições da região Norte em patamares desprezíveis, e de sutil expansão da região Nordeste, embora, neste caso, em níveis significativamente inferiores aos praticados nas regiões Centro-Oeste e Sul.

Da análise conjunta dos gráficos apresentados na Figura 11 extrai-se que o objetivo institucional do Selo Biocombustível Social no contexto da política energética, em servir como instrumento para promover a diversificação regional da produção de biodiesel, não se verificou de modo expressivo, na prática. Nesse sentido, não apenas as aquisições de matérias-primas oriundas da agricultura familiar nos arranjos do Selo não se diversificaram regionalmente no período entre 2008 e 2020, como também se observou uma concentração dessas aquisições na região Sul do país. Consequentemente, os dados evidenciam que o SBS serviu como instrumento que contribuiu mais para a concentração regional de produção de biodiesel, e não o contrário.

Outro objetivo institucional do Selo Biocombustível Social é o de induzir a diversificação das matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel. O indicador *(1.h)*, referente à evolução do grau de diversificação das matérias-primas adquiridas pelos produtores de biodiesel nos arranjos do SBS, é explorado por meio da Tabela 13, na qual são apresentados os valores, em milhões de reais, das aquisições dessas matérias-primas entre 2008 e 2020.

Tabela 13. Valor das matérias-primas adquiridas da agricultura familiar nos arranjos do Selo Biocombustível Social (R$ milhões). Fonte: [50].

Ano	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Amendoim	0,1	1,2	1,1	0,8	1,3	1,5	0,7	-	-	-	-	-	-
Canola	0,6	0,4	1,2	1,9	1,8	0,8	1,1	1,5	-	-	5,4	2,4	3,0
Dendê	2,5	2,5	3,4	-	-	-	-	-	-	-	5,5	5,9	0,4
Óleo de Dendê	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,7	1,3	0,2
Gergelim	-	0,2	4,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Girassol	2,0	1,1	1,2	1,7	7,2	5,5	-	0,0	-	-	-	-	-
Mamona	5,1	26,8	46,4	7,7	0,9	1,9	4,7	13,1	12,9	8,9	9,6	11,2	25,5
Coco	-	-	-	-	-	-	-	0,2	5,5	16,2	28,1	56,0	106,0
Macaúba	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	-	0,0	-	-
Óleo de Peixe	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,2	0,0	-	-	-
Óleo de Frango	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	6,9	7,9	6,8	5,7
Sebo Bovino	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1	-
Bovinos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,6	22,4	35,2	50,5
Milho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,2	121,6
Algodão	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-
Buriti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-
Insumo caroço de açaí	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0
Soja	256,1	640,8	996,0	1.493,0	2.050,1	2.799,4	3.219,5	3.887,0	4.189,6	3.427,3	5.039,6	4.391,0	5.512,8
Óleo de Soja	10,1	4,4	5,4	13,8	49,3	46,1	26,9	40,3	60,0	48,8	57,2	64,2	115,0
Total	**276,5**	**677,4**	**1.058,7**	**1.519,2**	**2.110,5**	**2.855,2**	**3.252,8**	**3.942,2**	**4.273,6**	**3.512,9**	**5.176,6**	**4.596,4**	**5.941,7**
Total Soja (R$ milhões)	266,3	645,2	1.001,4	1.506,8	2.099,4	2.845,6	3.246,3	3.927,3	4.249,5	3.476,2	5.096,7	4.455,2	5.627,8
Total, exceto Soja (R$ milhões)	10,3	32,2	57,3	12,4	11,1	9,7	6,5	14,9	24,0	36,7	79,9	141,2	313,9
Peso da Soja (%)	96,3	95,3	94,6	99,2	99,5	99,7	99,8	99,6	99,4	99,0	98,5	96,9	94,7
Peso das demais matérias-primas (%)	3,7	4,7	5,4	0,8	0,5	0,3	0,2	0,4	0,6	1,0	1,5	3,1	5,3

A leitura dos resultados trazidos na Tabela 13 deve ser realizada em conjunto com aqueles apresentados nas Tabelas 7 a 9, as quais mostram as matérias-primas utilizadas para a produção de biodiesel no Brasil. Inicialmente, destaca-se o fato de serem apresentadas na Tabela 13 um total de 19 matérias-primas adquiridas pelos produtores de biodiesel entre 2008 e 2020; porém, deve-se mencionar que desse rol de insumos listados na Tabela 13, três são referentes à mesma origem, podendo ser interpretados conjuntamente: dendê e óleo de dendê (palma); bovinos e sebo bovino; e soja e óleo de soja. Consequentemente, pode-se interpretar que a Tabela 13 contabiliza um conjunto de 16 matérias-primas, ao passo que os dados da ANP (Tabelas 7 a 9) indicam apenas dez matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel.

Esse fato reforça a assertiva já indicada anteriormente de que, nem toda matéria-prima adquirida pelas usinas de biodiesel com origem na agricultura familiar são destinadas para a produção do biocombustível, embora sejam contabilizadas para fins de essas usinas obterem o Selo Biocombustível Social e usufruírem dos benefícios mercadológicos da reserva de mercado destinada aos detentores do SBS. Em relação às matérias-primas aproveitadas para a concessão do Selo, dois fatos se destacam:

- Em primeiro lugar, as seguintes matérias-primas oriundas da agricultura familiar não foram utilizadas de modo significativo, ao longo da série histórica entre 2008 e 2020, para produção de biodiesel, mas foram computadas para conferir o Selo às usinas de biodiesel: amendoim, gergelim, girassol, mamona, coco, macaúba, óleo de peixe; buriti e insumo do caroço de açaí. Destaca-se, nesse rol, a expressividade do coco, em especial no ano de 2020, sendo, segundo o levantamento do MAPA, a segunda matéria-prima mais relevante nos arranjos do SBS, após o óleo de soja, mas nunca utilizada na cadeia de produção do biodiesel; e

- Em segundo lugar, as seguintes matérias-primas foram adquiridas por produtores de biodiesel e parcialmente utilizadas para produzi-lo (como já demonstrado, o fator de processamento foi de 59,6% em 2020): canola; dendê e óleo de dendê; óleo de frango; bovinos e sebo bovino; milho; algodão; soja e óleo de soja.

Feitas essas considerações sobre o perfil das matérias-primas utilizadas para produção de biodiesel (dados da ANP) e o perfil daquelas consideradas para fins de concessão do SBS (dados do MAPA), é possível avaliar em que medida o instrumento do

Selo Biocombustível Social vem ou não sendo eficiente no sentido de induzir a diversificação das matérias-primas utilizadas para se produzir biodiesel. A Tabela 13 revela que a participação da soja e do óleo de soja nos arranjos do SBS representa, para os anos de 2008 a 2020, valores entre o mínimo de 94,6% (2010) e o máximo de 99,8% (2014), portanto significativamente superiores à participação do óleo de soja utilizado na produção de biodiesel (Tabelas 7 a 9).

Apesar de a Tabela 13 evidenciar que, de 2014 em diante, a participação das outras matérias-primas adquiridas pelos produtores de biodiesel nos arranjos do SBS se eleva continuamente de 0,2% em 2014 para 5,1% em 2020, esse crescimento tem três características: (i) ainda representa um grau de diversificação bastante inferior à média nacional de utilização de matérias-primas para produção de biodiesel; (ii) ancora-se em insumos não utilizados pelas usinas de biodiesel para produzi-lo, como o coco e a mamona; e (iii) as demais matérias-primas responsáveis por essa tímida diversificação, como o milho e os bovinos, não têm garantida sua utilização transformação integral em biodiesel.

Em suma, em relação aos resultados, assim como verificado para o indicador *(1.g)*, o indicador *(1.h)* demonstra que o Selo Biocombustível Social funcionou como um instrumento que contribuiu mais para induzir a concentração das matérias-primas utilizadas para produzir biodiesel no óleo de soja do que o contrário, haja vista que a proporção das aquisições de soja e óleo de soja oriundos da agricultura familiar situa-se em patamar superior a 94,6% em toda a série histórica. Além disso, o fato de não ser exigido que as matérias-primas adquiridas sejam utilizadas para a produção de biodiesel relativizam o sutil aumento da participação dos demais insumos além daqueles provenientes do complexo da soja. Portanto, conclui-se que o Selo Biocombustível Social não tem sido eficiente para induzir a diversificação de matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel, tendo funcionado no sentido inverso daquele esperado de seu objetivo institucional.

Os resultados apresentados na presente seção estão em linha com os achados de estudos publicados ao longo da vigência do PNPB a respeito do Selo Biocombustível Social, com destaque para o reconhecimento de que: a inclusão social nas regiões Norte e Nordeste não ocorreu conforme almejado; a dominância do complexo soja nos arranjos do Selo não estão em consonância com os objetivos institucionais sociais do programa; a

não diversificação das matérias-primas para produção de biodiesel foi empecilho para consolidar o programa do Selo Biocombustível Social [54–57].

À guisa de conclusão, após análise dos resultados do programa do SBS, desenvolvido de forma atrelada ao mecanismo dos leilões públicos do biodiesel, chega-se ao seguinte conjunto de achados:

- Desde o início dos leilões de biodiesel, a evolução da participação dos produtores de biodiesel detentores do Selo cresceu e amealhou a quase totalidade das usinas fornecedoras de biodiesel para a garantia da mistura obrigatória no óleo diesel. Essa ampla adesão visou ao duplo objetivo para que esses produtores de biodiesel pudessem acessar os benefícios tributários, advindos das isenções e reduções fiscais federais, e os benefícios comerciais, derivados da reserva de mercado de 80% garantida aos detentores do Selo. Sob esse aspecto, a política pública foi bem-sucedida ao proporcionar a adesão massiva de produtores de biodiesel, garantindo aquisições mínimas de matéria-prima a partir da agricultura familiar;
- Os objetivos energéticos do instrumento do Selo Biocombustível Social para produção de biodiesel preferencialmente a partir de matérias-primas oriundas da agricultura familiar não estão sendo integralmente atendidos, em especial porque suas regras de concessão aos produtores de biodiesel estão viabilizando a universalização do acesso ao Selo, mas contribuído para a concentração regional e das matérias-primas utilizadas e porque tem sido exigido para a aquisição do SBS apenas a aquisição da matéria-prima oriunda da agricultura familiar, sem se exigir sua utilização para a produção de biodiesel. Isso confere o benefício de acesso dos produtores de biodiesel à reserva de mercado direcionada aos detentores do SBS, sem que necessariamente se produza biodiesel a partir das matérias-primas da agricultura familiar;
- Os leilões serviram de incentivo para adesão expressiva dos produtores de biodiesel ao SBS desde o início do programa, representando percentual superior a 90% dos agentes atuantes no segmento e 95% do volume vendido ao longo de toda a série histórica; porém, essa adesão massiva permitiu que o benefício de acesso a 80% do mercado de biodiesel tivesse pouco efeito prático, haja vista que as regras vigentes desde o início do PNPB até 31 de dezembro de 2022, há vedação à importação de biodiesel e mais do que 95% do volume de biodiesel ofertado no

mercado brasileiro já advém de empresas com Selo Biocombustível Social. Em consequência, num cenário em que o mercado deve se abrir parcialmente à importação a partir de 1º de janeiro de 2023, conforme Resolução CNPE nº 14/2020, a contabilização de matéria-prima da agricultura familiar adquiridas por produtores de biodiesel e não utilizadas para sua produção tem o potencial de gerar efeitos concorrenciais adversos em face dos importadores, em especial por beneficiar eventuais produtores detentores do SBS com o acesso à reserva de mercado, sem que os mesmos tenham necessariamente produzido biodiesel a partir das matérias-primas da agricultura familiar;

- O incentivo à agricultura familiar concentrou-se na produção de soja, em detrimento das demais matérias-primas passíveis de serem usadas na produção de biodiesel. Assim, de acordo com dados de 2020, em que pese 71,5% do biocombustível ser oriundo do óleo de soja, aproximadamente 94,7% do total de matéria-prima beneficiada pelas regras do SBS concentrou-se na soja. Esse fato evidencia um relativo desbalanceamento de incentivos em face do rol de matérias-primas passíveis de terem sua agricultura familiar intensificada;
- Dados do Censo Agropecuário de 2006 e de 2017 mostram que a agricultura familiar foi incentivada no período em função do SBS, saltando de uma produção de 6.464 mil toneladas em 2006 para 9.558 mil toneladas em 2017, um crescimento de 47,9%. Duas observações devem ser realizadas sobre essa expansão: por um lado, esse incremento foi inferior ao crescimento verificado da produção de soja proveniente da agricultura não familiar, que se elevou em cerca de 10 vezes; por outro lado, a produtividade média da soja gerada pela agricultura familiar saltou de 2,37 toneladas por hectare, em 2006, para 3,36 toneladas por hectare, em 2017, crescendo 41,7% no período, alcançando a média nacional de produtividade dos demais produtores de soja;
- Entre 2008 e 2020, houve crescimento de renda anual média do agricultor familiar nos arranjos do SBS, o que se deve não apenas a uma ampliação da cobertura do Selo, mas também pela redução do número de famílias abrangidas pelo programa, pelo aumento dos preços da saca da soja, principal matéria-prima adquirida pelos produtores de biodiesel a partir da agricultura familiar, e pela inflação acumulada período. Esses fatores relativizam parte do alcance dos objetivos sociais do SBS no PNPB.

2.3.1.5. Indicadores (1.i), (1.j) e (1.k): evolução dos volumes, dos preços e do faturamento dos produtores de biodiesel de pequeno porte em comparação com os demais produtores

O art. 27 da Lei n° 13.576, de 26 de dezembro de 2017, determina mecanismos e metas para assegurar a participação prioritária de produtores de biodiesel de pequeno porte e de agricultores familiares na comercialização por meio de leilões públicos.

Nessa linha, o Decreto n° 9.365, de 8 de maio de 2018, regulamentou o art. 27, § 1º, da Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, para estabelecer as condições para a participação dos produtores de pequeno porte na comercialização de biodiesel por meio de leilões públicos.

A Portaria MME n° 311, de 27 de julho de 2018, estabeleceu diretrizes específicas para a realização dos leilões públicos destinados à contratação do biodiesel, considerando em seu art. 7º, inciso III, alínea a, a Fase 3A de seleção prioritária das ofertas com origem exclusiva em produtores de biodiesel de pequeno porte, detentores do Selo Biocombustível Social. Nessa linha, foi implementada a etapa dos pequenos produtores nos leilões, a partir do 79º Leilão do Biodiesel.

Ato contínuo, com o advento da Lei n° 13.874, de 20 de setembro de 2019, foi explicitada a determinação, em seu art. 4°, que a administração pública só pode criar reserva de mercado para favorecer grupo econômico se for em estrito cumprimento de previsão explícita em Lei. Na vigência, portanto, do art. 27 da Lei do Renovabio, a existência da reserva de mercado não contrariaria a Lei da Liberdade Econômica.

Ocorre que o art. 27 da Lei n° 13.576, de 26 de dezembro de 2017, associa a reserva de mercado aos leilões públicos, extintos em 1° de janeiro de 2022, conforme a Resolução CNPE n° 14, de 9 de dezembro de 2020, razão pela qual surgem dois questionamentos:

- É possível manter a reserva de mercado com o fim dos leilões públicos de biodiesel sem alteração da Lei n° 13.576, de 26 de dezembro de 2017?
- Caso seja possível, o CNPE pode regulamentar esta reserva de mercado?

A respeito desses questionamentos, a análise do enunciado normativo contido no art. 27 da Lei nº 13.576/2017 permite verificar que esse dispositivo legal em nenhum momento impõe ou determina que a comercialização de biodiesel seja, necessariamente, realizada por meio de leilões públicos, mas tão somente estabelece que, quando realizada por meio de leilão, deverão ser estabelecidos instrumentos para assegurar a participação

prioritária de produtores de pequeno porte. Pela leitura do art. 27 da Lei nº 13.576/2017, portanto, não é possível extrair uma obrigatoriedade da comercialização de biodiesel por meio de leilões públicos, sendo esse modelo de comercialização apenas o modelo vigente e regulamentado por atos infralegais do MME e da ANP. [58].

Com o fim dos leilões, na forma preconizada na Resolução CNPE nº 14/2020, não se justifica, pelo menos, com base no art. 27 da Lei nº 13.576/2017, a manutenção de mecanismos e metas com o objetivo de priorizar a participação de produtores de biodiesel de pequeno porte e de agricultores familiares na comercialização de biodiesel. Nesse cenário, a questão que se coloca é definir se o CNPE poderia estabelecer previsão que, tal qual o art. 27 da Lei nº 13.576/2017, priorize, na comercialização de biodiesel, a participação de produtores de pequeno porte e de agricultores familiares.

O legislador promoveu no âmbito das matérias submetidas à apreciação do CNPE inequívoca deslegalização, pela qual "*as casas legislativas abrem um espaço normativo, quase sempre de natureza técnica, em que elas se demitem da função de criar certas normas legais para que outros entes, públicos ou privados, o façam, sob os limites e controles por elas estabelecidos, no exercício da competência implícita no caput do art. 48 da Constituição"* [59].

Nesse cenário, o que é indispensável é que o tratamento diferenciado para os produtores de biodiesel de pequeno porte e agricultores familiares esteja alinhado com os princípios e objetivos da política energética nacional previstos no art. 1º da Lei nº 9.478/1997, o que, naturalmente, deve ser avaliado pelos órgãos competentes no âmbito do MME e do próprio CNPE.

Por um lado, é certo que eventual tratamento diferenciado em favor dos pequenos produtores de biodiesel e agricultores familiares, de início, não poderá ser considerado indevido, na medida em que busca promover valores e princípios relevantes previstos na Constituição e na legislação setorial. Esse tratamento encontra respaldo no texto constitucional, sobretudo em razão do disposto no art. 170, IX; e art. 179, da Constituição [60]. Em reforço, não se pode perder de vista que um dos fundamentos da Política Nacional de Biocombustíveis é a contribuição deles para a promoção do desenvolvimento e da inclusão econômica e social, conforme art. 2º, I, da Lei nº 13.576/2017.

Por outro lado, o art. 4º, I, da Lei n° 13.874/2019, conhecida como a Lei da Liberdade Econômica, determina que *"é dever da administração pública (...) evitar o abuso de poder*

regulatório de maneira a, indevidamente, (...) criar reserva de mercado ao favorecer, na regulação, grupo econômico, ou profissional, em prejuízo dos demais concorrentes". É certo que eventual tratamento diferenciado em favor dos pequenos produtores de biodiesel, de início, não poderá ser considerado indevido, na medida em que busca promover valores e princípios relevantes previstos na Constituição e na legislação setorial. No entanto, considerando que eventual tratamento favorecido para pequenos produtores de biodiesel poderá criar, em alguma medida, uma reserva de mercado, é necessária, quando de sua efetiva implantação, a demonstração objetiva das vantagens para o interesse público que compensem os sacrifícios resultantes da medida.

Isso significa que o CNPE, à luz de suas competências, pode propor ao Presidente da República que sejam dadas diretrizes para implantação de tratamento diferenciado para produtores de pequeno porte na comercialização de biodiesel, desde que estejam em linha com os princípios e objetivos da política energética nacional no entender dos órgãos técnicos pertinentes do MME do próprio CNPE (art. 2º, I e XI, da Lei n'º 9.478/1997). Eventual proposta neste sentido, por ser compatível com a Constituição (art. 170, IX; e art. 179) e com um dos fundamentos da Política Nacional de Biocombustíveis (art. 2º, I, da Lei n.º 13.576/2017), não pode ser considerada indevida, *prima facie*, para fins do art. 4º, I, da Lei n.º 13.874/2019, desde que haja demonstração objetiva das vantagens para o interesse público que compensem os sacrifícios resultantes do tratamento favorecido para pequenos produtores de biodiesel por ocasião da implantação da medida.

Portanto, um dos desafios recentes da política pública do biodiesel envolve, no contexto de fim dos leilões públicos e início de vigência do novo modelo de comercialização de biodiesel em 2022, a decisão acerca da continuidade da regra de manutenção dos mecanismos de participação prioritária dos produtores de biodiesel de pequeno porte e da mensuração do alcance dos objetivos dessa medida em benefício da sociedade.

Para embasar essa avaliação, propõe-se uma análise contrafatual sobre o desempenho econômico dos produtores de biodiesel enquadrados como de pequeno porte em dois momentos: antes e depois da implementação da regra, em 2021, na vigência do L79. Logo, é possível comparar dados de desempenho das usinas de biodiesel para responder à seguinte pergunta: considerando a lista de produtores de pequeno porte, como se comportavam os volumes, os preços de venda e os faturamentos dessas usinas antes da

implementação da regra e qual o impacto que a regra do produtor de pequeno porte trouxe para esse grupo?

Foram, então, selecionadas três variáveis para a análise contrafactual:

- Variação da representatividade do volume de vendas de biodiesel pelos produtores de pequeno porte, nos leilões L78 a L82;
- Comparação do preço de venda de biodiesel dos produtores de biodiesel de pequeno porte e dos demais produtores, nos leilões L78 a L82; e
- Comparação do faturamento dos produtores de biodiesel de pequeno porte e dos demais produtores, nos leilões L78 a L82.

Em relação à primeira variável, a Tabela 14 resume a variação a representatividade do volume de vendas de biodiesel pelos produtores de pequeno porte nos leilões L78 a L82.

Tabela 14. Variação da representatividade do volume de vendas de biodiesel pelos produtores de pequeno porte, nos leilões L78 a L82. Fonte: [61].

Produtor de Biodiesel de Pequeno Porte	**Antes da Regra**		**Após da Regra**			
	L77 (B13)	**L78 (B12)**	**L79 (B10)**	**L80 (B10)**	**L81 (B12)**	**L82 (B10)**
Aliança_Rondonópolis	600	435	600	508	600	600
Amazonbio_Ji Paraná	-	-	-	-	2.000	3.000
Barralcool_Barra do Bugres	-	-	-	-	-	-
Bio Óleo_Cuiabá	-	2.000	1.577	1.700	2.450	1.000
Bio Vida_Várzea Grande	7.000	8.000	9.000	2.859	9.000	9.000
Biopar_Nova Marilândia	13.500	16.280	17.280	17.280	15.700	15.000
Bocchi_Muitos Capões	6.000	18.000	15.000	3.500	14.500	7.437
Caibiense_Rondonópolis	380	6.000	4.000	4.988	7.300	3.300
Caramuru_Sorriso	17.000	16.000	17.100	17.100	17.100	15.100
Cesbra_Volta Redonda	-	-	2.750	90	1.315	1.600
Cooperfeliz_Feliz Natal	4.305	6.000	6.000	5.595	6.000	6.000
JBS_Campo Verde	24.000	21.200	14.100	14.400	22.600	18.000
Minerva_Palmeiras	5.995	11.000	5.689	3.750	10.000	6.000
Prisma_Sumaré	1.800	2.100	2.790	1.775	2.050	2.500
Unibras_Floriano	6.000	12.000	12.000	3.500	9.818	7.582
Total dos Produtores de Pequeno Porte (m³)	86.580	119.015	119.044	80.545	120.433	96.119
Total do Leilão (m³)	1.176.958	1.305.680	1.050.349	1.102.242	1.293.587	1.072.626
Peso dos Produtores de Pequeno Porte (%)	7,36%	9,12%	11,33%	7,31%	9,31%	8,96%

A Tabela 14 torna clara um conjunto de conclusões acerca do impacto da regra dos produtores de biodiesel de pequeno porte sobre o incremento de vendas nos leilões. Em

termos de volume de biodiesel, as usinas de pequeno porte não tiveram incremento significativo de vendas com a implantação da regra após o L79. De fato, no geral, todas as usinas classificadas como de pequeno porte mantiveram patamar similar de vendas, com algumas, inclusive, vendendo menos com a regra do produtor de pequeno porte.

Deve-se pontuar, adicionalmente, que, antes da implementação da regra no L79, os produtores de pequeno porte, em conjunto, já vendiam mais do que 5% do volume total de biodiesel arrematado nos leilões públicos, valor este que é o mínimo exigido pelo Decreto n° 9.365, de 8 de maio de 2018. Embora não apresentados na Tabela 14, esse comportamento também se verifica nos leilões ocorridos anteriormente a 2021, de modo que os resultados indicam que, em termos agregados, o volume representativo de vendas das usinas de pequeno porte se manteve em patamar similar antes e depois da regra e que a imposição da obrigação de compra desses produtores de menor porte foi inócua no sentido de ampliar sua participação no mercado e de garantir um mínimo de compra de biodiesel desses agentes.

Em relação à segunda variável, a Tabela 15 resume a Comparação do preço de venda de biodiesel dos produtores de biodiesel de pequeno porte e dos demais produtores, nos leilões L78 a L82.

Tabela 15. Comparação do preço de venda de biodiesel dos produtores de biodiesel de pequeno porte e dos demais produtores, nos leilões L78 a L82. Fonte: [61].

Produtor de Biodiesel de Pequeno Porte	**Antes da Regra**		**Após da Regra**			
	L77 (B13)	**L78 (B12)**	**L79 (B10)**	**L80 (B10)**	**L81 (B12)**	**L82 (B10)**
Aliança_Rondonópolis	4.993	4.865	6.702	6.380	6.839	6.238
Amazonbio_Ji Paraná	-	-	-	-	6.875	6.749
Barralcool_Barra do Bugres	-	-	-	-	-	-
Bio Óleo_Cuiabá	-	4.710	6.776	6.866	6.832	6.924
Bio Vida_Várzea Grande	5.275	4.773	6.757	6.671	6.972	6.967
Biopar_Nova Marilândia	4.797	4.803	6.650	6.633	6.885	6.082
Bocchi_Muitos Capões	4.336	4.695	6.733	6.858	6.114	6.725
Caibiense_Rondonópolis	4.025	4.693	6.642	6.778	6.833	6.998
Caramuru_Sorriso	4.501	4.719	5.897	6.011	6.423	6.008
Cesbra_Volta Redonda	-	-	6.785	7.055	6.825	6.969
Cooperfeliz_Feliz Natal	5.240	4.692	6.676	5.892	6.416	6.808
JBS_Campo Verde	4.483	4.695	6.644	6.819	5.554	6.676
Minerva_Palmeiras	4.635	4.808	6.682	6.585	6.221	6.662
Prisma_Sumaré	4.432	4.759	6.008	6.865	6.864	6.616
Unibras_Floriano	4.891	5.014	6.952	7.038	6.777	7.135
Preço dos Produtores de Pequeno Porte (R$/m³)	4.641	4.738	6.575	6.515	6.579	6.544
Preço dos Demais Produtores (R$/m³)	4.423	4.706	5.404	5.403	5.577	5.845

Ágio sobre o Preço (%)	4,94%	0,68%	21,67%	20,58%	17,97%	11,96%

A Tabela 15 complementa a tabela anterior com os dados sobre os preços de biodiesel praticados pelos produtores de biodiesel, diferenciando-os entre aqueles de pequeno porte e os demais, e algumas conclusões podem ser verificadas.

Em termos de preços, o resultado foi diverso daquele observado para os volumes de vendas: as usinas de pequeno porte, que antes da regra tinham preços equivalentes aos dos demais produtores, passaram a apresentar um ágio significativo – chegando a patamares acima de 20% dos preços dos demais produtores. Ou seja, a regra dos produtores de pequeno porte não apenas não aumentou a participação de mercado desses agentes, pois as vendas permaneceram em patamar similar ao momento anterior à vigência da rega, como também elevou significativamente o patamar de preços desses agentes.

Isso trouxe duas consequências para o mercado: primeiramente, ampliou as receitas dos produtores de pequeno porte artificialmente, sem que houvesse a expansão das vendas dessas usinas, objetivo esperado da política pública que criou a reserva de mercado a esses produtores. A elevação do patamar de preços do biodiesel oriundo das usinas de pequeno porte, mantido o patamar de volume, gerou encarecimento do produto com repasse aos consumidores finais e uma ampliação sistemática do faturamento desses agentes, em detrimento dos consumidores. Essa análise é apresentada na Tabela 16.

Tabela 16. Comparação do faturamento dos produtores de biodiesel de pequeno porte e dos demais produtores, nos leilões L78 a L82. Fonte: [61].

(A) Produtores de Pequeno Porte	**Antes da Regra**		**Após a Regra**			
	L77 (B13)	**L78 (B12)**	**L79 (B10)**	**L80 (B10)**	**L81 (B12)**	**L82 (B10)**
Volume vendido (m³)	86.580	119.015	119.044	80.545	120.433	96.119
Preço (R$/m³)	4.641	4.738	6.575	6.515	6.579	6.544
Faturamento Médio das Usinas (R$ milhões)	26.790	37.590	52.181	34.983	52.822	41.934
Faturamento Médio por ponto percentual do mandato (R$ milhões)	2.061	3.133	5.218	3.498	4.402	4.193

(B) Demais Produtores	**Antes da Regra**		**Após a Regra**			
	L77 (B13)	**L78 (B12)**	**L79 (B10)**	**L80 (B10)**	**L81 (B12)**	**L82 (B10)**
Volume vendido (m³)	1.090.378	1.186.665	931.305	1.021.697	1.173.154	976.507
Preço (R$/m³)	4.423	4.706	5.404	5.403	5.577	5.845
Faturamento Médio das Usinas (R$ milhões)	166.292	192.562	173.544	190.353	225.610	196.817

Faturamento Médio por ponto percentual do mandato (R$ milhões)	12.792	16.047	17.354	19.035	18.801	19.682

A Tabela 16 traz a comparação do faturamento dos produtores de biodiesel de pequeno porte e dos demais produtores, em 2021, antes da implantação da regra, ou seja, nos leilões L77 e L78, e após a implementação, nos leilões L79 a L82. Na tabela são mostradas quatro variáveis: as duas primeiras, volume vendido e preço, têm como base as informações das Tabelas 12 e 13 anteriormente apresentadas; a terceira variável representa o faturamento médio das usinas de cada grupo, em milhões de reais, de modo a evidenciar se o advento da regra do produtor de pequeno porte provocou ou não um aumento significativo do faturamento médio das usinas de cada um dos grupos; por fim, a quarta variável traz o faturamento médio por cada ponto percentual do mandato de biodiesel de modo a expurgar o efeito da variação dos teores nos distintos leilões.

Realizando uma média dos valores obtidos para as variáveis de faturamento, antes (L77 e L78) e depois (L79 a L82) da implementação da regra dos produtores de pequeno porte, tem-se que o faturamento médio por usina de pequeno porte saltou de um patamar de 32 milhões de reais por leilão, antes da regra, para cerca de 47 milhões de reais, após a regra – um aumento de 47%. Isso significa um incremento médio de faturamento de 15 milhões de reais por usina de pequeno porte; e, como são 15 usinas, o incremento da receita total dos produtores de pequeno porte elevou-se 225 milhões por bimestre, consideradas todas as usinas. Isso significa que, em valores anualizados, o custo adicional que essa política pública implicou para a sociedade foi de aproximadamente R$ 1,35 bilhão de reais, cujo valor foi integralmente repassado aos consumidores através de elevação de preços.

Em conclusão, a regra do produtor de pequeno porte na política pública do biodiesel foi ineficaz no sentido de ampliar a participação desses produtores, haja vista que anteriormente à regra eles já vendiam biodiesel em patamar de volume similar ao que foi praticado posteriormente, não sendo a reserva de mercado necessária para garantia de permanência desses agentes no mercado de biodiesel.

Além disso, essa reserva de mercado, garantiu um aumento expressivo do preço do biodiesel proveniente dos produtores de pequeno porte, cujo ágio em relação ao preço dos demais produtores alcançou patamar de 20%. Portanto, embora o CNPE tenha competência para regulamentar a regra do produtor de pequeno porte no contexto do novo

modelo de comercialização de biodiesel, vigente a partir de 2022, não se sustenta no âmbito da Lei de Liberdade Econômica, posto que não é possível demonstrar objetivamente as vantagens para o interesse público que compensem os sacrifícios resultantes do tratamento favorecido para pequenos produtores de biodiesel, cujo custo adicional para a sociedade brasileira foi mensurado em R$ 1,35 bilhão anuais.

2.3.2. Viabilização da competição

O segundo objetivo dos leilões de biodiesel é o de viabilizar a competição pelo produto, com vistas a um ótimo econômico e a um preço que remunere adequadamente os produtores e beneficiar os consumidores. Esse objetivo está ligado ao estabelecimento de uma relação entre fatores de oferta e de demanda que viabilizem a concorrência dos distribuidores pelo produto, com impactos sobre o preço do biodiesel capazes de tornar o produto atrativo aos usineiros e consumidores e a preços relativos favoráveis face ao óleo diesel. Essa análise é feita por meio dos indicadores (2.a), (2.b) e (2.c), agrupados nas seções 2.3.2.1 a 2.3.2.3.

2.3.2.1. Indicador (2.a): preços relativos entre o biodiesel e o óleo diesel fóssil

Em relação aos preços relativos entre o biodiesel e óleo diesel fóssil, é possível compará-los, ao longo do período entre 2008 e 2019, utilizando o mesmo critério de composição: preços *free on board* (FOB), com tributos federais e sem os tributos estaduais. A compreensão da evolução dos preços relativos revela que, de acordo com os dados da série histórica, os preços do biodiesel não foram sempre superiores ao do óleo diesel fóssil. Desconsiderando a fase em que os preços dos combustíveis praticados pela Petrobras não seguiam a paridade internacional, o biodiesel foi competitivo na maior parte do tempo, de 2017 a 2019. Em 2020 e 2021, contudo, dada a conjuntura da pandemia da covid-19 e a alta das *commodities* no cenário internacional, os preços relativos do biodiesel em relação ao óleo diesel fóssil encareceram significativamente. O resultado apresentado na Figura 12.

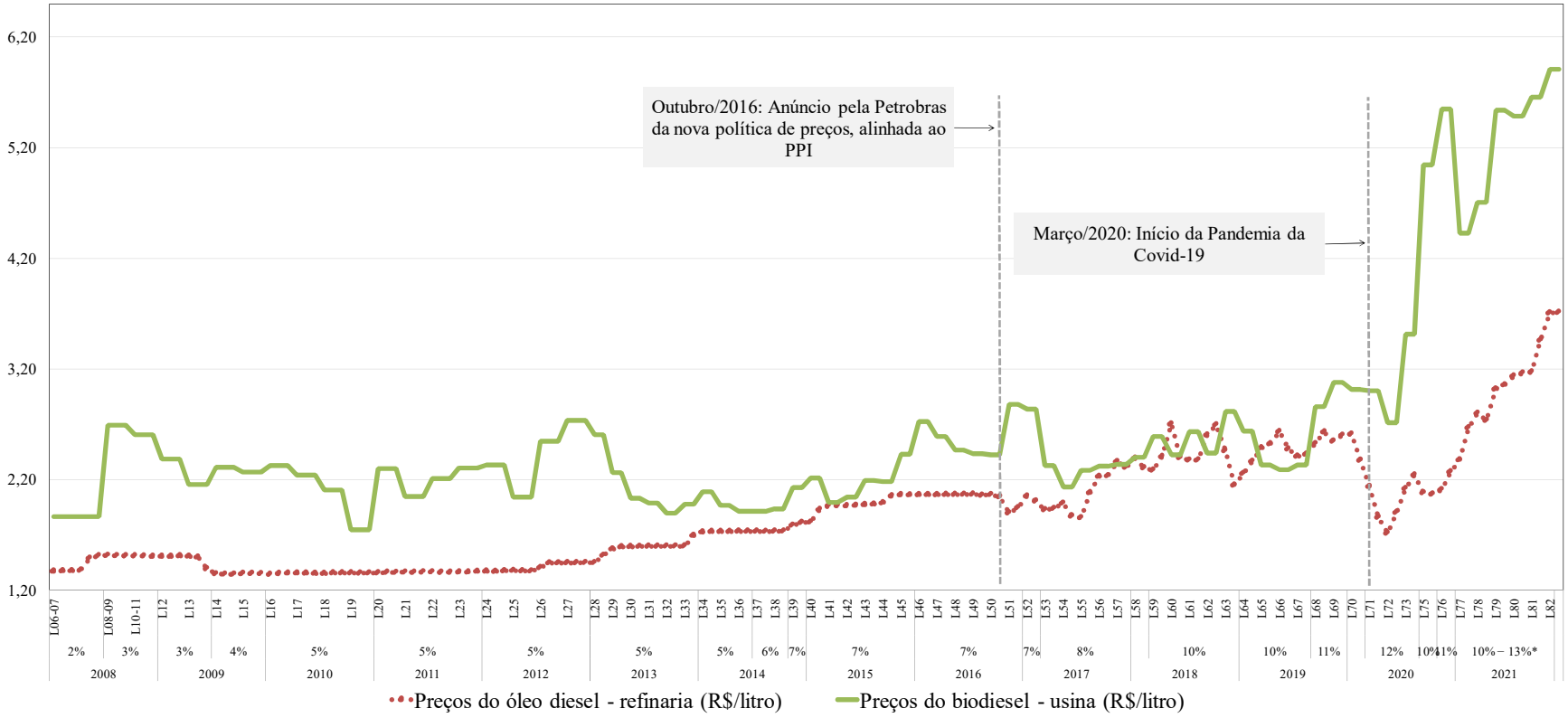


Figura 12. Relação de preços entre o óleo diesel fóssil e o biodiesel entre 2008 e 2021. Fonte: [61], elaboração própria.

A Figura 12 traz a relação de preços entre o óleo diesel A e o biodiesel em reais por litro entre 2008 e 2021. Os dados demonstram que existem três momentos distintos em relação aos preços relativos, os quais estão separados, no gráfico, pelas linhas tracejadas:

- O primeiro momento, de janeiro de 2008 a outubro de 2016 (teor de biodiesel passa de 2% a 7%, continuamente), caracterizou-se pela prática de preços não alinhados com o preço de paridade internacional (PPI). Em termos práticos, nesse período os preços do biodiesel foram persistentemente superiores ao do óleo diesel fóssil, diferencial gerado pelo represamento dos preços do óleo diesel pela Petrobras.;
- No segundo momento, entre outubro de 2016 e março de 2020 (teor de biodiesel passa de 7% a 11%, continuamente), iniciou-se com o anúncio da nova política de preços pela Petrobras, alinhada ao PPI, a partir de quando os preços relativos do biodiesel em relação ao óleo diesel se mostraram competitivos. Nesse período, o biodiesel chegou a competir em preços com o óleo diesel fóssil em diversos leilões, tendo obtido valor unitário mais barato em variadas ocasiões, o que durou até, aproximadamente, a eclosão da pandemia da covid-19; e
- No terceiro momento, iniciado com a pandemia do novo coronavírus a partir de março de 2020 (teor de biodiesel passa de 11% a 13%, sofrendo reduções temporárias de teor pela ANP e pelo CNPE), a conjuntura de encarecimento dos preços das *commodities* agrícolas em proporção superior dos preços do petróleo ocasionou uma elevação dos preços do biodiesel mais do que proporcionalmente ao aumento do óleo diesel fóssil. Essa realidade problematizou a questão da competitividade do biodiesel e o impacto de seu uso sobre os preços do óleo diesel ao consumidor final, haja vista a combinação de uma elevada disparidade de preços com um teor de mistura superior ao dos dois primeiros momentos.

É mister destacar uma informação adicional acerca dos dados da Figura 12: a tributação estadual. Embora não tenha sido incluído o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) para fins de comparação no gráfico, haja vista a complexidade para fazê-lo, é notório que o ICMS incidente sobre o óleo diesel fóssil nos estados brasileiros é, em geral, superior ao do biodiesel, o que contribui como fator adicional em favor da competitividade do biodiesel.

Desse modo, é possível afirmar que, com uma configuração de mercado em que os preços dos dois combustíveis substitutos (biodiesel e diesel fóssil) competem a partir de um processo de formação de preços determinado por regras de mercado, após outubro de 2016, o biodiesel apresentou, em diversos meses da série histórica até o final de 2019, preços inferiores ao do óleo diesel A..

Isso indica que a sistemática dos leilões teve contribuição para que o processo de formação dos preços do biodiesel fosse ao encontro do objetivo institucional do PNPB (objetivo B, vide Tabela 3), de garantir preços competitivos do produto, e do objetivo dos próprios leilões em viabilizar a competição pelo biodiesel, com vistas a um ótimo econômico e a um preço que remunere adequadamente os produtores e beneficie os consumidores (objetivo 2, vide Tabela 3). Porém, como se verá nas seções seguintes do presente capítulo e nos dois próximos capítulos, os preços de equilíbrio dos leilões privilegiavam mais os produtores do que os consumidores; isso derivou do fato de se observar uma dinâmica persistente de ascensão de preços do biodiesel durante os leilões, favorecendo um aumento do excedente do produtor em detrimento do excedente do consumidor.

2.3.2.2. Indicador (2.b): índices de concentração de mercado das usinas participantes dos leilões

Na seção 2.3.1, foi demonstrado, através das Figuras 6 a 8, que, ao longo do período entre 2009 e 2021, houve redução do número de usinas de biodiesel autorizadas pela ANP, sem que isso se convertesse em restrição à capacidade de oferta de biodiesel nos leilões. Isso ocorreu porque, devido à previsibilidade da política pública da mistura obrigatória de biodiesel no óleo diesel fóssil, foram realizados investimentos para expansão da capacidade produtiva das usinas, cuja capacidade instalada elevou-se 189,3% entre 2010 e 2021.

Esse fato, contudo, não se reverteu em maior concentração de mercado no lado da oferta, ou seja, não se verifica a combinação entre redução do quantitativo de usinas ofertantes e de aumento de participação de mercado das mesmas. Os resultados de índices de concentração de mercado aplicados a esse segmento, como o índice Herfindahl-Hirschman (IHH) e o índice C4, indicam comportamento nesse sentido. A título informativo:

- O Índice de Herfindahl-Hirschman (IHH) é um método de avaliação do grau de concentração num mercado, e é utilizado em larga escala por entidades reguladoras da concorrência. O IHH é calculado como a soma dos quadrados das participações de mercado das empresas que operam em determinado mercado e varia entre 0 e 10.000. O valor zero traduz um mercado em que não existe qualquer empresa e o valor 10.000, um mercado em situação de monopólio. Para fins de interpretação do resultado do indicador, a literatura estabelece os seguintes parâmetros: se o IHH é superior a 1.800, considera-se o mercado muito concentrado; caso esteja entre 1.000 e 1.800, considera-se que o mercado apresenta alguma concentração; e, se o resultado for inferior a 1.000, interpreta-se como um mercado pouco concentrado [62].
- O Índice C4 reúne a soma dos quatro agentes com as maiores participações de mercado e indica o quão concentrado o mercado está em relação a esses quatro agentes. É um indicador que deve ser analisado em conjunto com outras variáveis [63].

Os resultados do IHH e do C4 para o mercado dos produtores de biodiesel são sintetizados na Figura 13.

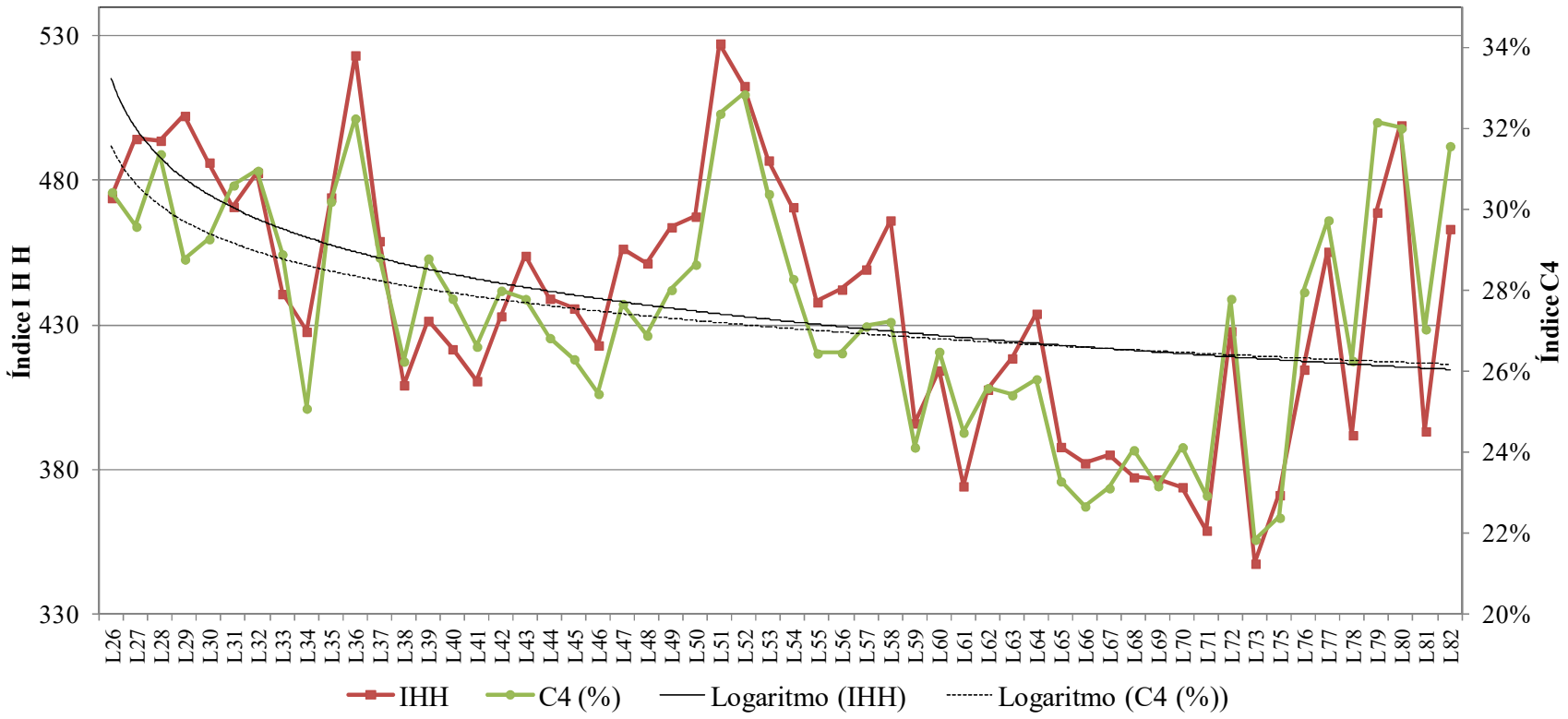


Figura 13. Índices de concentração de mercado das usinas de biodiesel entre os leilões L26 e L82.Fonte: [3, 46, 61], *elaboração própria.*

Conforme se verifica, as seguintes conclusões são extraídas da análise da Figura 13:

- Em termos absolutos, o valor do IHH oscila entre um máximo de 530 e um mínimo de 370, indicando ser o mercado pouco concentrado. Na mesma linha, ao se observar os valores do C4, vê-se que a participação de mercado dos quatro maiores produtores oscila entre 33% e 22%; e
- Em termos de evolução de ambos os índices, verifica-se que o mercado dos produtores de biodiesel, no Brasil, passou, historicamente, por um processo de desconcentração, comprovado pela tendência contínua de redução dos índices IHH e C4 entre 2012 (L26) e 2020 (L73); processo este revertido entre 2020 (L75) e 2021 (L82).

Esses resultados foram corroborados na literatura por CAVALHEIRO [24], que analisou o grau de concentração industrial na cadeia produtiva do biodiesel e do etanol no Brasil entre 2005 e 2012 e concluiu que o mercado de biodiesel apresentava baixo grau de concentração, embora a produção estivesse centralizada em quatro estados à época – Goiás, Mato Grosso, Rio Grande do Sul e São Paulo.

Isso adquire mais relevância se analisado em conjunto com indicadores ligados à configuração industrial das usinas de biodiesel. SIQUEIRA *et al.* [64] explicam o perfil dos produtores de biodiesel no Brasil entre 2005 e 2015, indicando que a maioria das usinas eram de grande porte, conquanto o grau de concentração de mercado entre elas fosse decrescente. Adicionalmente, NOGUEIRA *et al.* [40] demonstram que houve, no mesmo período, uma tendência decrescente nos custos de produção e nos preços do biodiesel, com a redução da margem de lucro nos últimos anos da série temporal, sugerindo uma tendência de aprendizado no processo pela indústria.

Assim, o processo evolutivo do mercado de biodiesel, em geral, e dos leilões, em específico, conferiram suporte à cadeia produtiva por meio da garantia do fornecimento do biocombustível, permitindo que se fosse ao encontro do objetivo institucional de viabilizar a competição entre os ofertantes.

2.3.2.3. Indicador (2.c): determinantes da dinâmica de negociação e de ascensão dos preços no leilão

Os preços do biodiesel são determinados pelos custos inerentes à sua produção e transporte, e pelo aspecto concorrencial ligado às negociações nos leilões. A dinâmica de comportamento dos preços nos leilões segue a lógica de mercado, em que quanto maior

for a relação entre volume demandado e volume ofertado, ou seja, quanto menos biodiesel estiver disponível para negociação em leilão, maior tende a ser o preço final negociado, e vice-versa. Em outras palavras, isso significa que a ascensão dos preços ao longo do processo competitivo, até que se alcance o preço final de equilíbrio, depende, em alguma medida, do excedente de oferta, entendido como a diferença entre o volume ofertado e o volume demandado de biodiesel.

O Figura 14 apresenta a evolução das variáveis "excedente de oferta" e "ascensão de preços" para todos os leilões entre 2013 e 2019.

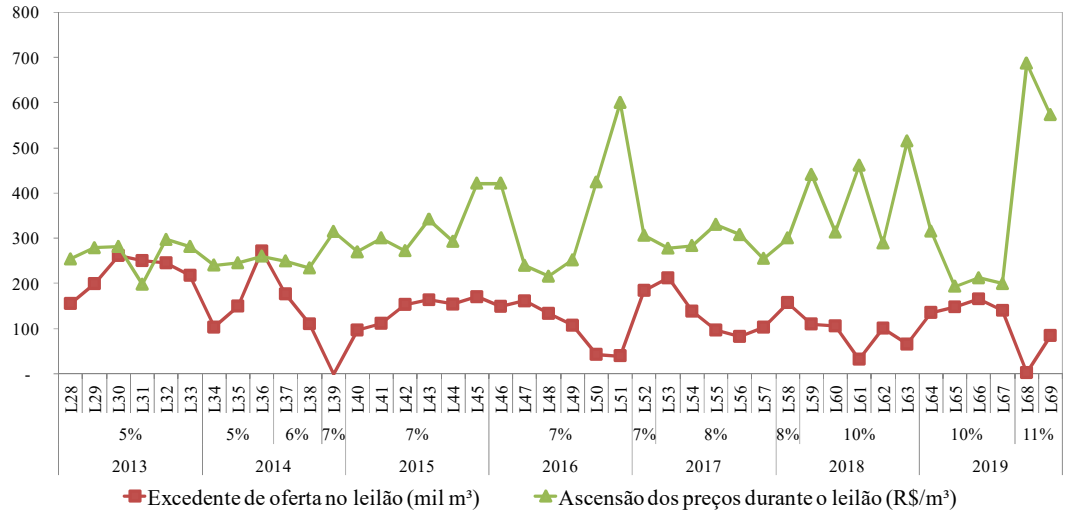


Figura 14. Relação entre excedente de oferta e a ascensão dos preços nos leilões de biodiesel entre 2013 e 2019. Fonte: [3, 46, 61], *elaboração própria.*

Para a interpretação mais apurada do movimento das linhas representativas do excedente de oferta e da ascensão de preços ao longo da série histórica, é importante elencar as seguintes observações:

- De forma geral, verifica-se a presença de uma relação inversa entre ambas as variáveis, ou seja, um menor excedente de oferta tende a gerar uma ascensão de preços mais acentuada, haja vista que a menor disponibilidade de biodiesel para ser arrematado pelos distribuidores leva a uma competição mais acirrada pelo produto disponível. O comportamento antagônico entre as curvas da Figura 14 demonstram essa relação geral.
- Essa relação é mais acentuada a partir do ano de 2016, quando esse antagonismo entre ambas as variáveis adquire mais força, com exceção de três leilões em 2019.

Esse cenário coincide com o processo de redução da capacidade ociosa dos produtores de biodiesel, apresentado na Figura 8, fornecendo argumento adicional à hipótese de que menores excedentes de oferta impulsionam o processo de ascensão de preços nos leilões.

O teste de existência de correlação entre o excedente de oferta (x) e a ascensão dos preços (y) pode ser realizado através do Coeficiente de Correlação de Pearson r_{xy}. O cálculo do coeficiente para toda a série histórica informa um valor de - 0,554, indicando uma relação negativamente correlacionada com intensidade moderada[4], ao passo que o cálculo do índice para o período posterior ao ano de 2016 indica um coeficiente de - 0,765 [65].

Pelo lado da demanda, a dinâmica de negociação entre os distribuidores de combustíveis para arrematarem o biodiesel ofertado pelas usinas merece análise atenta. Nos termos postos pelo objetivo institucional dos leilões de biodiesel, de viabilização da competição pelo produto, algumas variáveis microestruturais do processo do leilão são assim enunciadas:

- Percentual de Lances Válidos (*LV*): razão entre o número de lances vencedores e o número total de lances dados pelos distribuidores, sejam lances vencedores ou não;
- Duração do leilão (*Dur*): tempo decorrido entre o início e o término do certame;
- Excedente de oferta (*ExcOf*): diferença entre o volume total ofertado pelas usinas para compra e a demanda total dos distribuidores;
- Teor da mistura obrigatória (*Teor*): percentual de mistura do biodiesel no óleo diesel fóssil vigente, nos termos da lei; e
- Incremento entre os lances (*Increm*): valor mínimo, em Reais por metro cúbico, que o distribuidor deve adicionar ao lance vigente sobre determinado volume de biodiesel desejado de certa usina.

[4] De acordo com a literatura apresentada, o resultado do r_{xy} conduz às seguintes interpretações para cada faixa de valores: $|r_{xy}| = 0$, correlação nula; $0 < |r_{xy}| \leq 0.2$, correlação muito fraca; $0.2 < |r_{xy}| \leq 0.4$, correlação fraca; $0.4 < |r_{xy}| \leq 0.7$, correlação moderada; $0.7 < |r_{xy}| \leq 0.9$, correlação forte; $0.9 < |r_{xy}| < 1$, correlação muito forte; e $|r_{xy}| = 1$, correlação perfeita.

Numa exploração preliminar, a lógica econômica permite supor que a existência de um menor excedente de oferta conduz a uma maior ascensão de preços durante a negociação nos leilões de biodiesel, haja vista que a menor disponibilidade do produto ocasionaria maior competição pela quantidade disponível para compra pelos distribuidores. Nessa lógica, a duração do certame tende a ser maior, tanto quanto mais o preço ascenda, posto haver mais concorrência entre os licitantes, gerando, por consequência, mais lances totais. Os lances válidos, contudo, somente serão revelados quando o maior lance para determinado lote de biodiesel se tornar vencedor após o término do leilão. A duração do leilão é fator microestrutural importante para revelar a dinâmica do processo competitivo e, por isso, o edital dos leilões prevê regra para determinar o valor do lance incremental mínimo a ser dado pelos distribuidores. Em tese, quanto maior for esse incremento, mais rápido tende a ser alcançado o equilíbrio final da competição em termos de preços e volumes arrematados. O racional de funcionamento da dinâmica do leilão conduz, portanto, à inter-relação dessas variáveis.

Para compreender o modo como evoluiu esse processo competitivo nos leilões de biodiesel, é mister revisitar, conforme já apresentado na Figura 6, que, especialmente após o ano de 2014, quando houve aumento da mistura obrigatória de 5% para 6% (L37), as condições de mercado apontaram para a conjunção de redução de capacidade ociosa, ampliação sucessiva e expressiva da demanda em ritmo superior à da demanda, e ritmo lento de ampliação da capacidade produtiva.

Esses fatores apresentaram efeitos sobre a dinâmica de negociação dos leilões de biodiesel, principalmente após março de 2017 (L53), quando a mistura obrigatória se elevou de 7% para 8% e exerceu pressão sobre as variáveis de demanda e sobre a dinâmica de negociação nos leilões. Consequentemente, houve (i) redução do volume de biodiesel disponível para compra pelos distribuidores, (ii) aumento do tempo de negociação nos leilões, (iii) aumento do número de lances dados pelos distribuidores e (iv) redução do número de lances válidos. A Figura 15 mostra esses acontecimentos.

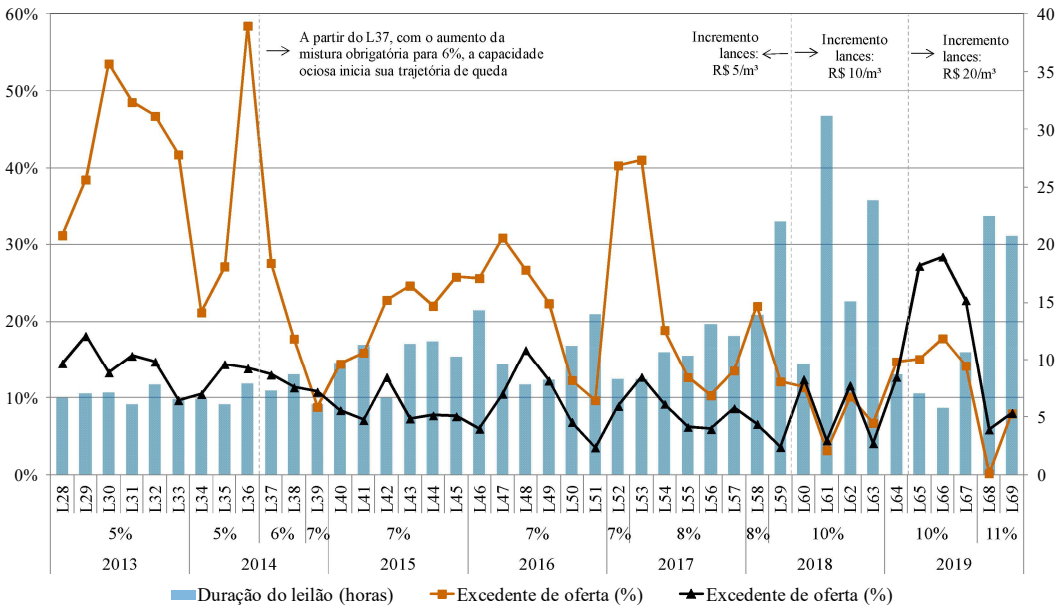


Figura 15. Relação entre tempo de negociação e número de lances válidos nos leilões de biodiesel entre 2013 e 2019. Fonte: [3, 46, 61], *elaboração própria.*

A Figura 15 mostra que, ao longo da série histórica:

- Observou-se uma tendência contínua de aumento do tempo de duração dos leilões, que saiu de um patamar médio de 7 horas e alcançou mais de 30 horas de duração, no L61. Acompanhando essa trajetória, a proporção de lances válidos sobre os lances totais reduziu-se de um patamar de cerca de 60% (L36) para valores inferiores a 10%, indicando o acirramento do processo competitivo tendente a ocasionar ascensão dos preços do biodiesel.

- O lance incremental comumente utilizado até o L59 era, conforme determinado nos editais dos leilões, de R$ 5 por metro cúbico de biodiesel. Com o advento do aumento de duração dos certames para patamares superiores a um dia de negociações, o leiloeiro lançou mão da alteração dessa regra, visando ao alcance mais veloz do preço final de equilíbrio e, consequentemente, a uma duração razoável do processo. Assim, no L60 esse incremento passou para R$ 10 por metro cúbico e, no L65, para R$ 20 por metro cúbico. Os resultados do uso dessa alavanca foram a reversão da tendência de elevação do tempo dos leilões.

- O excedente de oferta atua como fator estrutural a influenciar, diretamente, o tempo de duração do leilão e, em última instância, a ascensão dos preços do biodiesel. Essa relação inversamente proporcional fora anteriormente demonstrada na seção anterior por meio da Figura 14 e explica, por exemplo,

porque, na Figura 12, após o L66, a duração do leilão voltou a aumentar mesmo tendo sido ampliado o valor do lance incremental para R$ 20 por metro cúbico. De fato, a partir de 2017, o tempo de negociação elevou-se 166% e o número de lances totais 305%, ao passo que o percentual de lances válidos saiu de um patamar de cerca de 12% para menos de 4%. Esses resultados significam que parte significativa da dinâmica negocial tem se convertido em mero aumento de preços, beneficiando mais produtores do que consumidores.

O objetivo estabelecido para a presente seção é confirmar um modelo que explique a ascensão dos preços como consequência do excedente de oferta de biodiesel nos leilões, consideradas as influências das variáveis explicativas supramencionadas. A ascensão dos preços (*Ascensao*) é definida como o valor percentual calculado a partir da razão entre o preço final médio e o preço inicial médio, representando uma medida de quanto o preço subiu, ao longo do leilão, em decorrência do processo competitivo e negocial, o qual é influenciado pelas variáveis apresentadas anteriormente. Desse modo, para a variável dependente *Ascensao*, há um rol potencial de variáveis explicativas em um modelo a ser testado estatisticamente.

Inicialmente, é necessário apurar a existência de correlação estatística entre as variáveis excedente de oferta (*ExcOf*), proporção de lances válidos (*LV*) e duração do leilão (*Duração)* por meio do cálculo dos Coeficientes de Correlação de Pearson para os pares combinados dessas variáveis. Como a utilização da ferramenta de determinação do incremento mínimo dos lances (*Increm*) variou ao longo da série histórica, haja vista a estratégia do leiloeiro em tentar reduzir o tempo de negociações, é mister estabelecer essas correlações tanto para todo o período quanto para os grupos de leilões nos quais os valores dos incrementos dos lances foi o mesmo. O resultado é apresentado na Tabela 17.

Tabela 17. Coeficiente de Correlação de Pearson entre as variáveis determinantes da ascensão de preços nos leilões de L28 a L69.

Todos os leilões (L28-L69)	Excedente de oferta	Proporção de lances válidos	Duração do leilão
Excedente de oferta	1		
Proporção de lances válidos	0,302 *fraca*	1	

Leilões com Incremento R$ 5/m³ (L28-L59)	Excedente de oferta	Proporção de lances válidos	Duração do leilão
Excedente de oferta	1		
Proporção de lances válidos	0,642 *moderada*	1	

Duração do leilão	-0,575 *moderada*	-0,583 *moderada*	1

Duração do leilão	-0,500 *moderada*	-0,793 *forte*	1

Leilões com Incremento R$ 10/m³ (L60-L64)	Excedente de oferta	Proporção de lances válidos	Duração do leilão
Excedente de oferta	1		
Proporção de lances válidos	0,897 *forte*	1	
Duração do leilão	-0,970 *muito forte*	-0,939 *muito forte*	1

Leilões com Incremento R$ 20/m³ (L65-L69)	Excedente de oferta	Proporção de lances válidos	Duração do leilão
Excedente de oferta	1		
Proporção de lances válidos	0,940 *muito forte*	1	
Duração do leilão	-0,943 *muito forte*	-0,999 *muito forte*	1

O resultado da Tabela 17 conduz a duas conclusões. Primeiramente, para todos os cenários, confirma-se a direção da relação entre as variáveis, conforme explanado no racional econômico apresentado no início da presente seção. Em segundo lugar, as correlações variam a depender do incremento mínimo adotado pelo leiloeiro nos certames, sendo tão mais fortes os resultados quanto maiores forem esses lances incrementais. Recapitulando a lógica: maiores lances incrementais (*Increm*) tendem a acelerar o alcance do preço final de equilíbrio do processo competitivo e, como se apresenta na Tabela 17, fortalece a correlação entre as variáveis *ExcOf*, *LV* e *Duracao.*

Em consequência da relação entre essas variáveis explicativas, é de se esperar também a existência de algum grau de endogeneidade nesse modelo, haja vista a correlação entre elas, especialmente no que se refere às variáveis *Duracao*, *LV* e *Increm*. O intuito do modelo é validar estatisticamente a explicação da ascensão dos preços durante os leilões (variável dependente) como uma função do excedente de oferta e do percentual de lances válidos, aplicando, para a especificação paramétrica da dinâmica concorrencial, o método dos Mínimos Quadrados em Dois Estágios (MQ2E) e considerando como variáveis instrumentais *Duracao* e *Increm*, usadas para controlar a endogeneidade da variável *ExcOf*. A endogeneidade foi confirmada por meio do Teste J de Sargan, motivo pelo qual a escolha do método MQ2E mostra-se mais adequada. As variáveis não medidas em valores percentuais passaram por uma transformação logarítmica. Os resultados são apresentados na Tabela 18, a seguir.

Tabela 18 Modelo de regressão da ascensão de preços nos leilões de biodiesel por mínimos quadrados em dois estágios (MQ2E).

Variável Dependente: log(*Ascensao*)
Método: Mínimos Quadrados em Dois Estágios (2SLS)
Amostra: 42
Especificação dos Instrumentos: log(*duracao*) log(*increm*)
Constante adicionada à lista de instrumentos

Variável	Coeficiente	Erro Padrão	Estatística t	p-valor
c	5,658824	0.126102	44,874990	0.0000
log(*ExcOf*)	-0,210155	0.052154	-4,029507	0.0003
LV	-2,755147	0.490157	-5,620945	0.0000

R^2	0.642010	Média da Variável Dependente	5,719586
R^2 Ajustado	0.623651	Desvio Padrão da Var. Dependente	0.301897
S.E. of regression	0.185206	Soma dos Quadrados dos Residuos	1,337747
Estatística F	31,84880	Estatística Durbin-Watson	1,445865
p-valor (Estatística F)	0.000000	Second-Stage SSR	1,551921
Estatística J	0.000000	Ranking Instrumento	3

A Tabela 18 sumariza resultados que validam as suposições acerca do funcionamento dos leilões e explicam a ascensão dos preços como função do excedente de oferta e do percentual de lances válidos em relação aos lances totais. O resultado do modelo de regressão indica que os coeficientes das variáveis independentes são estatisticamente significativos a 1% e funcionam como elasticidades. Nesse âmbito, pode-se afirmar que a elevação de 1% no excedente de oferta de biodiesel gera uma redução de 0,210155% na ascensão de preços do biodiesel, ao passo que o aumento de 1% no quantitativo de lances válidos leva a uma diminuição de 2,755147% na ascensão de preços. A estatística F apresenta p-valor nulo, evidenciando que o modelo como um todo é significativo, e que explica aproximadamente 62,4% da dinâmica da ascensão de preços, como demonstra o R^2 Ajustado.

Considerando o objetivo institucional dos leilões de viabilizar a competição pelo produto, com vistas a um ótimo econômico e a um preço que remunere adequadamente os produtores e beneficie os consumidores, a ascensão dos preços representa variável crítica para se sopesar a determinação do preço final de equilíbrio que, simultaneamente, não seja baixo o suficiente a ponto de não remunerar o produtor, nem alto demais a ponto de prejudicar os consumidores, especialmente na comparação com o preço do óleo diesel fóssil.

Se, por um lado, pela ótica do produtor, o Preço Máximo de Referência (PMR) supre a primeira parte do objetivo, isto é, garante uma remuneração mínima, como se apresentará na seção 2.3.3.1, por outro lado, pela ótica do licitante, não há atualmente

regras que permitam relacionar esses determinantes da ascensão de preços no sentido de mitigar eventuais efeitos adversos aos consumidores. Indiretamente, esse contexto confere aos produtores condições de exercitar, nos leilões, instrumentos que permitam, uma vez conhecidas as previsões de demanda por biodiesel em determinado bimestre, ofertar volumes que maximizem suas receitas por meio do mecanismo da ascensão de preços.

Em outras palavras, esses achados também indicam que os produtores de biodiesel, no processo de definição da estratégia para maximização de suas receitas, possuem poder de influência para determinação do preço de equilíbrio dos leilões. Isso se manifesta através do mecanismo de determinação de um volume a ser ofertado, na segunda fase do certame, que seja o mais próximo possível da previsão de demanda dos licitantes. Em última instância, consubstancia-se um excedente de oferta mínimo que pode ocasionar elevada ascensão de preços, a qual, embora remunere adequadamente os produtores, poderá fazê-lo em detrimento dos consumidores, indo de encontro ao objetivo institucional (2) do leilão de biodiesel.

Desse modo, em termos de desenho de regras do leilão de biodiesel, os resultados apresentados na presente seção indicam a necessidade de regras que permitam maior equilíbrio entre os instrumentos à disposição tanto dos ofertantes quanto dos licitantes, nos seus objetivos individuais de maximização de receita e de minimização de custos, respectivamente, com vistas ao alcance completo do objetivo institucional dos leilões, qual seja: o de viabilizar a competição em direção a um ótimo econômico com um preço que, simultaneamente, remunere adequadamente os produtores e beneficie os consumidores.

2.3.3. Redução das barreiras à entrada de novos agentes

O terceiro objetivo dos leilões de biodiesel é o de reduzir as barreiras à entrada de agentes que tenham interesse em ofertar ou adquirir o biocombustível. Esse objetivo está ligado ao acesso dos distribuidores e das usinas aos leilões, pois, em conjunto, o acesso amplo de demandantes e ofertantes tende a beneficiar a competição, explicada na seção anterior. As regras dos leilões determinam barreiras aos produtores, mas não aos distribuidores, haja vista que as usinas devem respeitar um preço-teto de oferta de seus volumes e cumprir requisitos formais e documentais para se habilitarem a participar dos leilões. Os distribuidores, contudo, não têm exigências com potencial de serem

impeditivas à participação, haja vista terem a obrigação legal de comprar biodiesel para o atendimento da mistura obrigatória no óleo diesel fóssil.

Essa análise é feita por meio dos indicadores (3.a), (3.b) e (3.c), agrupados nas seções 2.3.3.1 e 2.3.3.2.

2.3.3.1. Indicador (3.a): deságios entre os Preços Máximos de Referência (PMR) e os preços iniciais de negociação

O PMR é o preço-teto que limita o preço a ser ofertado pelas usinas nos leilões públicos. O objetivo institucional da existência desse teto é o de conciliar a necessidade de se garantir um preço que remunere os custos dos produtores de biodiesel e, simultaneamente, evite que o preço inicial do leilão esteja em patamar elevado além dessa remuneração, o que prejudicaria os interesses dos consumidores.

De fato, conforme mencionado na Tabela 3, os leilões de biodiesel visam, simultaneamente, a "viabilizar a competição pelo produto, com vistas a um ótimo econômico e a um preço que remunere adequadamente os produtores e beneficiar os consumidores" e "reduzir as barreiras à entrada de agentes que tenham interesse em participar do processo". O PMR objetiva, portanto, à conciliação desses dois objetivos: (i) remunerar minimamente os custos dos produtores, sem impedir sua entrada no certame, e (ii) beneficiar os consumidores quanto ao preço, evitando que os produtores ofertem a preços iniciais muito superiores aos seus custos de produção.

Esse conjunto de finalidades é corroborado nas normas vigentes. O principal regulamento aplicável aos leilões de biodiesel, a Portaria MME nº 311, de 27 de julho de 2018, estabelece a função e a operacionalização do PMR, tanto no que se refere ao papel da ANP em sua elaboração, quanto à obrigatoriedade de os ofertantes nos leilões (os produtores de biodiesel) respeitarem esses preços-teto. *In verbis:*

> *Art. 6º - Para a promoção de cada leilão público, a ANP estabelecerá o Preço Máximo de Referência - PMR, para cada Região, a ser observado pelos fornecedores na apresentação das ofertas de venda do biodiesel, cabendo-lhe considerar, entre outros critérios, o custo de oportunidade regional de uma ou mais matérias-primas preponderantes na produção de biodiesel e, quando for o caso, os custos para atendimento ao selo "Combustível Social".*
>
> *(...)*

> *Art. 9º - Na Etapa 2 dos leilões públicos, os fornecedores previamente habilitados na Etapa anterior apresentarão as ofertas, observadas as seguintes diretrizes específicas:*
>
> *V - o preço unitário para cada oferta individual, em Reais por metro cúbico, para entrega na unidade produtora do fornecedor, incluindo os tributos federais incidentes sobre o biodiesel, não poderá ser superior ao PMR de que trata o art. 6º, observada a Região onde está localizada a unidade produtora, e deverá ser apresentado conforme critério definido pela ANP em edital.*

Os editais dos leilões, publicados pela ANP em seu sítio eletrônico, instrumentalizam essas regras, conforme se depreende dos seguintes dispositivos, extraídos do edital do 79° leilão de biodiesel:

> *2.1.2.7 O preço apresentado para cada oferta, em reais por metro cúbico, não poderá ser superior ao Preço Máximo de Referência (PMR) regional, que será calculado pela ANP, oportunamente, antes da abertura do certame.*
>
> *2.1.2.8 O preço de cada oferta individual, na condição FOB, incluindo PIS/PASEP e COFINS, sem ICMS, informado em reais por metro cúbico de biodiesel, será fixo e irreajustável, e não poderá ser superior ao PMR de que trata o ANEXO II, sob pena de desclassificação da oferta.*
>
> *2.1.2.8.1 O(s) preço(s) contido(s) na(s) oferta(s) deve(m) incluir todos os custos e despesas, tais como e sem se limitar a: custos diretos e indiretos, matéria-prima, tributos incidentes, taxa de administração, materiais, serviços, encargos sociais, trabalhistas, seguros, frete, embalagens, lucro e outros necessários ao cumprimento integral do objeto deste Edital e seus Anexos.*

Sendo assim, pode-se resumir, a partir das regras supramencionadas, que:

- O PMR será definido pela ANP, a qual elaborará PMRs distintos para cada região e PMRs distintos para ofertantes que detêm e que não detêm o Selo Biocombustível Social;
- O PMR levará em consideração, na sua elaboração, o custo de oportunidade regional de uma ou mais matérias-primas preponderantes na produção de

biodiesel, os custos diretos e indiretos de produção, os tributos incidentes, as taxas administrativas para obtenção do Selo Biocombustível Social, os encargos sociais e trabalhistas, os seguros e fretes, além das margens de lucro;

- O PMR de determinada região limitará o valor unitário da oferta da usina localizada nesta região, impedindo a oferta em preço superior, sob pena de desclassificação no leilão.

O PMR serve como limite ao preço inicial de oferta dos produtores, mas não ao preço final de equilíbrio que os distribuidores irão pagar, o qual será consequência do processo de competição pelo produto ao longo do leilão. Assim, embora o preço de partida do leilão não possa ser superior ao PMR da região na qual se localiza determinada usina, o preço final a ser pago pelo distribuidor vencedor poderá sê-lo.

Com vistas a identificar o alcance dos objetivos regulatórios do PMR, no sentido de simultaneamente não impedir a oferta das usinas e de viabilizar um preço de partida não elevado para o processo competitivo do leilão, apresenta-se a Figura 16.

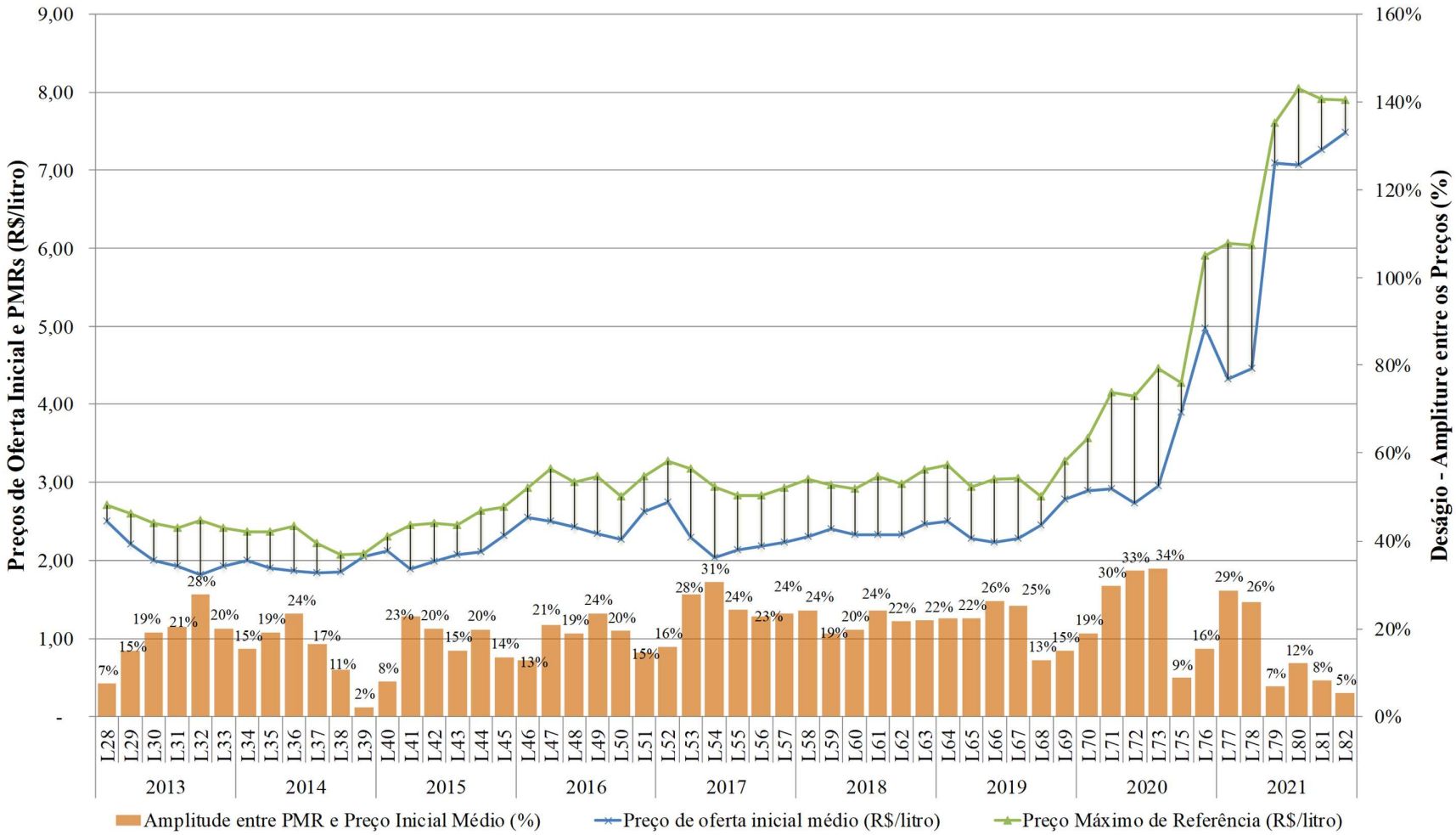


Figura 16. Deságio entre o PMR e os preços iniciais médios, por leilão, entre 2013 e 2021. Fonte: [1, 3, 46, 61]*, elaboração própria.*

Na Figura 16 estão dispostos os dados consolidados, por leilão, entre 2013 (L28) e 2021 (L82), os PMRs médios nacionais (linha verde) e os preços iniciais médios de oferta (linha azul). A diferença entre ambas as linhas representa o deságio entre o PMR e os preços iniciais, o qual está disposto nas barras e medido em percentagem.

O resultado demonstra, ao longo da série histórica representada pelos 54 leilões ocorridos entre 2013 e 2021, apenas em sete casos – L28, L39, L40, L75, L79, L81 e L82 – o deságio entre o PMR e o preço inicial médio após a conclusão da Etapa 2 foi inferior a 10%. Em todos os outros 47 casos esse deságio superou 10%, devendo-se destacar a existência de 29 leilões nos quais o deságio superou 20%. Ou seja, a normalidade do comportamento dos ofertantes nos leilões de biodiesel é a existência de ofertas cujos deságios em relação ao PMR são significativos, em valores médios nacionais, indicando que, em tese, o preço-teto ao mesmo tempo não representou barreira à entrada dos produtores de biodiesel nos leilões e remunerou minimamente os custos desses agentes, ao mesmo tempo em que parecem ter sido superestimados em relação ao preço inicial de oferta dos produtores de biodiesel.

Devido ao fato de a dinâmica logística e operacional dos leilões ter ligação com a localização das usinas, o aspecto regional adquire também relevância para a correta interpretação desses dados agregados. Não por acaso, os PMRs são distintos para as regiões geográficas brasileiras. Desse modo, convém avaliar, também, como se dão os deságios entre o PMR e os preço iniciais médios por região, o que é apresentado na Figura 17 através da distribuição dos deságios em diagramas de caixas.

Distribuição dos deságios	**Brasil**	**Centro-oeste**	**Sul**	**Sudeste**	**Nordeste**	**Norte**
Média	19,3%	17,5%	21,4%	19,2%	18,8%	13,0%
Outlier inferior	2,1%	1,6%	2,3%	-	-	-
Deságio Mínimo	7,4%	4,8%	9,3%	4,3%	1,3%	0,6%
Primeiro Quartil	15,2%	14,4%	17,9%	14,3%	14,7%	7,4%
Segundo Quartil (mediana)	20,0%	18,4%	22,2%	20,3%	19,6%	14,1%
Terceiro Quartil	23,4%	21,4%	25,4%	23,8%	24,0%	18,3%
Deságio Máximo	30,7%	28,8%	33,2%	31,7%	31,3%	24,1%

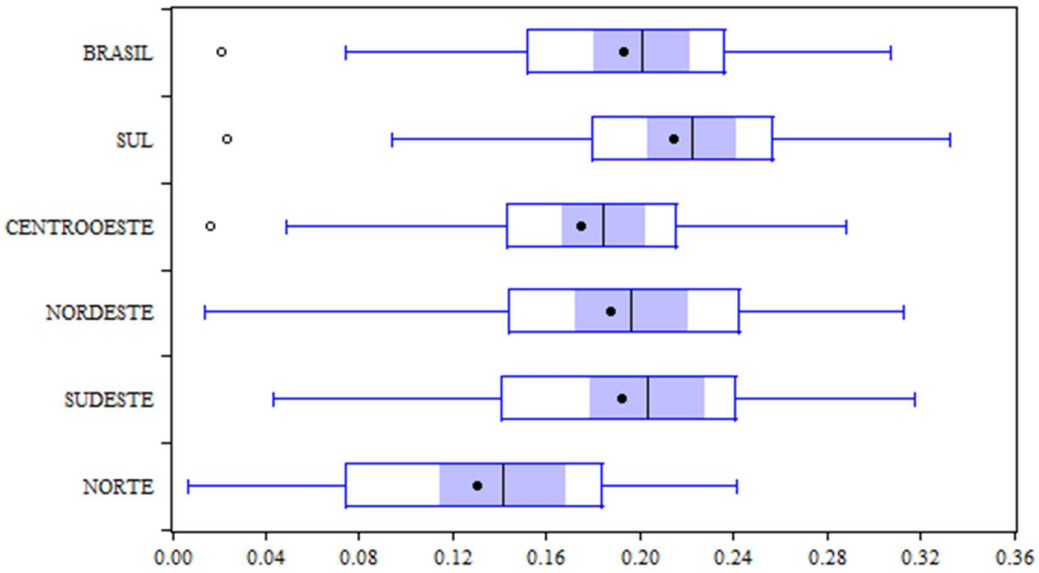


Figura 17. Diagramas de caixa sobre deságio entre os PMRs regionais e nacional e os preços iniciais nos leilões de biodiesel. Fonte: [46, 61]*, elaboração própria.*

A interpretação dos resultados da Figura 17 revela três conclusões:

- Em primeiro lugar, no que tange às medidas de tendência central, existe uma considerável discrepância entre os valores médios e medianos dos deságios tanto entre as regiões quanto quando comparados com o deságio médio nacional;
- Em segundo lugar, no que tange à dispersão dos deságios, verifica-se que a amplitude entre os deságios mínimo e máximo variam substancialmente entre as regiões. A região Nordeste apresenta a maior amplitude, com deságios variando entre 1,3% e 31,3%, ao passo que a região Norte mostra a menor amplitude, oscilando entre 0,6% e 24,1%; e
- Em terceiro lugar, é possível afirmar que o PMR tem o efeito mais restritivo nas regiões Norte e Nordeste, posto que apresentam os menores deságios dentre os grupos analisados, ao passo que apresenta menor restrição às ofertas das usinas da região Sul.

Esses dados, embora corroborem as conclusões extraídas da análise dos dados agregados nacionais a partir da Figura 16, sinalizam defasagem metodológica do cálculo do preço teto pela ANP em relação ao funcionamento do mercado.

2.3.3.2. Indicadores (3.b) e (3.c): inabilitações dos produtores nos leilões de biodiesel

Conforme apresentado na Seção 2.2, a primeira etapa dos leilões de biodiesel consiste na habilitação dos produtores, que após análise dos requisitos pela ANP obtêm autorização para participar do certame. As regras que tratam da habilitação estão contidas, atualmente, na Portaria MME n° 311/2018 e nos editais dos leilões de biodiesel publicados pela ANP.

De acordo com os art. 5° da Portaria MME n° 311/2018, os requisitos obrigatórios determinados pelo Ministério de Minas e Energia são:

> *Art. 5º São fornecedores nos leilões públicos os produtores de biodiesel que atendam aos seguintes requisitos, sem prejuízo aos demais critérios estabelecidos pela ANP:*
>
> *I - estejam autorizados pela ANP a exercerem a atividade de produção de biodiesel e sejam detentores de registro especial concedido pela Secretaria da Receita Federal do Brasil; ou*
>
> *II - estejam enquadrados no inciso anterior e, cumulativamente, sejam detentores do selo "Combustível Social", instituído pelo Decreto nº 5.297, de 6 de dezembro de 2004.*
>
> *(....)*
>
> *Art. 8º O fornecedor interessado em participar dos leilões públicos deverá comprovar previamente, na Etapa 1, que atende aos critérios de habilitação.*
>
> *§ 1º Para a participação no leilão, deverá ser exigido de cada fornecedor, entre outros, os seguintes requisitos a serem estabelecidos pela ANP:*
>
> *I - os requisitos de que trata o art. 5º desta Portaria;*
>
> *II - Declaração de Elaboração Independente de Proposta, nos termos da Portaria nº 51, de 3 de julho de 2009, da Secretaria de Direito Econômico do Ministério da Justiça; e*
>
> *III - Declaração de que o fornecedor se compromete a atender, exclusivamente mediante produção própria, ao volume por ele ofertado em caso de vitória no leilão, sem prejuízo das demais condições de que trata o art. 3º da Resolução CNPE nº 5, de 3 de outubro de 2007.*

Adicionalmente, seguindo o estabelecido no art. 8°, § 1° da Portaria MME n° 311/2018, a ANP estabelece, nos editais, requisitos adicionais para a habilitação dos ofertantes, como se verifica a partir da leitura do edital do 82° leilão de biodiesel, *in verbis:*

> *5.6 Deverão constar em cada ENVELOPE 1, e/ou nos documentos digitais enviados através do SEI, os documentos relacionados a seguir:*
>
> *5.6.1 Registro Especial da Receita Federal do Brasil, nos termos da Instrução Normativa n.º 1.053, 12 de julho de 2010, ou outra que venha a substituí-la, por meio de cópia da publicação no Diário Oficial da União.*
>
> *5.6.2 Selo Biocombustível Social do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, na forma da Instrução Normativa n.º 01, de 19/02/09, ou outra que venha a substituí-la, por meio de cópia da publicação no Diário Oficial da União.*
>
> *(...)*
>
> *5.6.4 Adicionalmente aos documentos de habilitação encaminhados no ENVELOPE 1 e/ou através do SEI, a ANP, para fins de habilitação, verificará, no dia 18/03/2021, a Certidão Negativa de Débitos Trabalhistas no sítio www.tst.jus.br/certidao, mediante consulta on-line.*
>
> *5.6.4.1 O(s) FORNECEDOR(ES) deverá(ão) incluir no ENVELOPE 1, e/ou nos documentos digitais enviados através do SEI, o(s) seguinte(s) documento(s):*
>
> *5.6.4.1.1 Relativos à Regularidade Fiscal:*
>
> *a) Prova de regularidade para com as Fazendas Estadual e Municipal do domicílio da Unidade Produtora do FORNECEDOR participante do certame na forma do item 5.5, ou outra equivalente, na forma da lei;*
>
> *b) Prova de regularidade relativa ao Fundo de Garantia por Tempo de Serviço - FGTS, por intermédio da apresentação de Certificado fornecido pela Caixa Econômica Federal - CEF;*
>
> *c) Prova de inscrição no CNPJ - Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica;*

> *d) Inscrição no cadastro de contribuintes estadual e municipal, se houver, relativo à Unidade Produtora do FORNECEDOR participante do certame na forma do item 5.5, pertinente ao seu ramo de atividade e compatível com o objeto deste Edital.*
>
> *(...)*
>
> *12.12.3 O FORNECEDOR que tenha disponibilizado volume de biodiesel inferior a 100% (cem por cento) do volume demandado pela ADQUIRENTE, observado o volume máximo contratado, no LEILÃO DE ESTOQUE, com período de entrega já finalizado, ficará imediatamente impedido de participar do processo de aquisição de biodiesel para formação de estoques subsequente (N° + 1), conforme item 12.14.2.3.*

Nos termos dos normativos supramencionados, para que as usinas de biodiesel possam se habilitar nos leilões, há um rol de dez documentos que cobrem exigências de natureza regulatória, comercial, contábil, trabalhista, tributária e previdenciária. Deve-se ressaltar que, entre 2013 e 2021, compreendendo os leilões do L28 ao L82, ocorreram alterações pontuais dos documentos considerados obrigatórios para a habilitação, sem que isso, contudo, alterasse o conjunto da natureza das exigências. Isso permite comparar o processo de habilitação dos 54 leilões do período, com vistas a averiguar se esse processo foi ao encontro do objetivo institucional dos leilões de reduzir as barreiras à entrada de participantes.

Considerando os 54 leilões, houve 2.149 habilitações e 72 inabilitações durante o período, totalizando 3,4% as inabilitações de pedido de participação nos certames. Além disso, houve 26 leilões nos quais não houve nenhuma inabilitação, restando 28 certames nos quais pelo menos uma usina foi inabilitada, o que representa 52% dos casos. Esse resultado é sumarizado na Tabela 19.

Tabela 19. Resumo das inabilitações nos leilões de biodiesel entre 2013 e 2021. Fonte: [3, 46, 61], elaboração própria.

Leilões	Número de Leilões	Número de Habilitações	Número de Inabilitações	Número de Leilões sem Inabilitações	Número de Leilões com Inabilitações
L28-L82	54	2.149	72	26	28

Para compreender como esse processo impactou na possibilidade de acesso dos produtores ao mercado, e se esse fato gerou restrições significativas à oferta de biodiesel, analisam-se os seguintes indicadores:

- Causas das inabilitações, por natureza da exigência;
- Número de usinas inabilitadas por leilão; e
- Representatividade das usinas inabilitadas sobre a oferta total de biodiesel.

Em relação às causas das inabilitações, a Tabela 20 sintetiza os casos das 72 usinas de biodiesel inabilitadas entre 2013 e 2021, as quais totalizaram 77 pendências, haja vista alguns produtores terem sido desclassificados por mais de um motivo.

Tabela 20. Motivos de inabilitação nos leilões de biodiesel entre o L28 e o L82. Fonte: [46, 61], elaboração própria.

Tipo de Pendência	Motivo da Inabilitação	Quantidade	Participação (%)	
Comercial	Entregas de menos de 90%, conforme o item 12.14 do Edital.	8	10,39%	10,39%
Contábil	Balanço Patrimonial vencido	2	2,60%	5,20%
	Registro Especial de Produtor de Biodiesel	2	2,60%	
Fiscal	Receita Estadual	9	11,69%	42,86%
	Receita Federal	14	18,18%	
	Receita Municipal	10	12,99%	
Regulatória	Autorização para operação ANP	10	12,99%	22,09%
	Intempestividade	1	1,30%	
	Interdição	1	1,30%	
	Impossibilidade de operar por pendência de Vistoria da ANP (art. 13, VI, RANP 30/2013)	2	2,60%	
	Processo Administrativo conforme item 12.16.3 do Edital	3	3,90%	
Previdenciária	INSS	12	15,58%	15,58%
Trabalhista	CNDT	2	2,60%	3,90%
	FGTS	1	1,30%	
Total		**77**	**100%**	**100%**

A Tabela 20 indica que, embora o rol de exigências para a habilitação seja extenso, 84,4% das inabilitações concentram-se em quatro motivos: pendências no recolhimento

de tributos, pendências no recolhimento de encargos previdenciários, descumprimento de obrigações contratuais em leilão anterior e ausência de autorização da ANP para operação.

Para a análise do número de habilitações por leilão e da mensuração do volume potencial de biodiesel que deixou de ser adicionado à capacidade de oferta pelas usinas que foram inabilitadas, é apresentada na Tabela 21 a síntese dessas variáveis.

Tabela 21. Frequência das inabilitações e impacto na capacidade de oferta entre os leilões L28 e L82. Fonte: [46, 61]*, elaboração própria.*

Número de Usinas Inabilitadas	**Número de Leilões**	**Capacidade média de oferta, por leilão, das usinas interessadas em participar dos leilões (metros cúbicos)**	**Capacidade média de oferta, por leilão, das usinas inabilitadas pela ANP (metros cúbicos)**	**Redução na capacidade de oferta (%)**
0	26	1.266.672	-	-
1	19	1.310.796	24.036	1,83%
2	5	1.130.525	20.646	1,83%
3	1	1.470.685	27.600	1,88%
4	2	1.528.560	111.157	7,27%
5	1	1.093.417	60.014	5,49%
Média do Período		1.279.860	16.108	1,26%

A Tabela 21 traz quatro informações relevantes sobre os 28 leilões nos quais houve inabilitações:

- Em 19 deles estas registraram apenas uma usina inabilitada, ou seja, 67,8% dos casos, com uma média de volume potencial que deixou de poder ser ofertado equivalente a 1,83% da capacidade de oferta habilitada;
- Em cinco leilões (17,8% dos casos) registraram-se duas inabilitações, reduzindo a capacidade de oferta de biodiesel em 1,83%;
- Houve apenas um leilão no qual foram inabilitadas três ou cinco usinas, levando a uma redução da capacidade de oferta em, respectivamente: 1,88% e 5,49%;
- Em dois leilões foram verificadas quatro inabilitações, ocasionando uma redução da capacidade de oferta de 7,27%; e
- Na média do período entre 2013 e 2021, para uma capacidade de oferta média de 1.279.860 metros cúbicos por leilão, registrou-se uma redução de capacidade de

oferta média por leilão, por conta das usinas inabilitadas, de 16.108 metros cúbicos, ou 1,26% do total.

Desse modo, ao se avaliar o quanto essas inabilitações impediram a participação de usinas interessadas e comprometeram os leilões na restrição de oferta de biodiesel, observa-se que as inabilitações representam baixa proporção, em termos numéricos e volumétricos, face ao universo de participantes e à capacidade de oferta. Em outras palavras, esse fato corrobora o argumento de que os critérios de habilitação de produtores não representam, em regra, barreira à entrada prejudicial ao desempenho dos certames e ao alcance dos objetivos do PNPB.

2.4. Considerações finais

O conjunto de indicadores apresentados ao longo do presente capítulo compôs, conforme detalhado na Figura 5, a avaliação do alcance dos resultados institucionais dos leilões de biodiesel e do PNPB. A metodologia proposta consistiu em três fases:

i. Na primeira fase, foram detalhados os objetivos do PNPB e dos leilões, a partir das normas que os regem; em seguida, esses objetivos foram correlacionados, com vistas a responder à pergunta sobre o quanto os leilões de biodiesel contribuíram para o alcance dos resultados do PNPB;

ii. Na segunda fase, cada objetivo dos leilões de biodiesel foi avaliado a partir de indicadores de desempenho selecionados para mensurar cada objetivo institucional elencado. Esses resultados foram apurados e as conclusões permitiram inferir sobre o êxito da política pública e da regulação em alcançar os objetivos a que se propunham; e

iii. Na terceira fase, apresentada na presente seção, realiza-se uma análise integrada dos resultados, correlacionando os indicadores de avaliação dos objetivos específicos dos leilões aos objetivos mais amplos do PNPB, de forma a evidenciar a contribuição dos leilões para o êxito do programa brasileiro de biodiesel.

O resultado dessa análise integrada é apresentado na Tabela 22.

Tabela 22. Análise integrada dos resultados dos indicadores de avaliação do alcance dos objetivos institucionais dos leilões de biodiesel e do PNPB.

			Objetivos do PNPB			
Objetivos dos Leilões de Biodiesel	**Assunto**	**Indicadores**	**(A) Implantar um programa sustentável de produção e uso do biodiesel, promovendo inclusão social**	**(B) Garantir preços competitivos, qualidade e suprimento do produto**	**(C) Produzir o biodiesel a partir de diferentes fontes oleaginosas e em regiões diversas**	**Parecer**
(1) Conferir suporte econômico à cadeia produtiva de biodiesel e contribuir para o atendimento das diretrizes do PNPB por meio da garantia do fornecimento de biodiesel	Mandato de mistura	(1.a) Taxas de crescimento do mercado de biodiesel		▲		▲
	Parque industrial	(1.b) Razão entre número de usinas de biodiesel autorizadas e ofertantes nos leilões	●	●		
		(1.c) Capacidade de produção das usinas de biodiesel	●	●		
		(1.d) Capacidade ociosa das usinas de biodiesel	▲	▲		
	Matérias-primas	(1.e) Grau de diversificação das matérias-primas	▲		▲	
	Agricultura familiar	(1.f) Proporção de usinas detentoras do Selo Biocombustível Social	●		●	
		(1.g) Comparação da participação regional na produção de biodiesel e na aquisição de matérias-primas no âmbito do SBS	◆		◆	
		(1.h) Evolução da diversificação das matérias-primas adquiridas no âmbito do SBS	◆		◆	
	Produtores de pequeno porte	(1.i) Variação do volume de vendas de biodiesel pelos produtores de pequeno porte	◆	◆		
		(1.j) Comparação do preço de venda de biodiesel dos produtores de biodiesel de pequeno porte e dos demais produtores	◆	◆		
		(1.k) Comparação do faturamento dos produtores de biodiesel de pequeno porte e dos demais produtores	◆	◆		
(2) Viabilizar a competição pelo produto, com vistas a um ótimo econômico e a um preço que remunere adequadamente os produtores e beneficiar os consumidores	Preços relativos	(2.a) Preços relativos entre o biodiesel e o óleo diesel A		▲		▲
	Competição	(2.b) Índices de concentração de mercado das usinas de biodiesel		●		
		(2.c) Ascensão dos preços nos leilões		▲		
(3) Reduzir as barreiras à entrada de agentes que tenham interesse em participar do processo comercial	Preço-teto regulador	(3.a) Deságio entre PMR e os preços iniciais médios nos leilões		▲		▲
	Regras de habilitação aos leilões	(3.b) Número de usinas inabilitadas nos leilões		●		
		(3.c) Representatividade das usinas inabilitadas em relação à oferta total de biodiesel		●		
Parecer			▲	▲	▲	

Legenda:

● Objetivo plenamente atendido, não carecendo, à luz dos indicadores, de revisão na política pública e/ou na regulação.

▲ Objetivo parcialmente atendido, sendo identificadas, à luz dos indicadores, lacunas e oportunidades de revisão pontual da política pública e/ou na regulação

◆ Objetivo não atendido, sendo identificada, à luz dos indicadores, necessidade de mudança na política pública e/ou na regulação

3. Análise econômica dos leilões de biodiesel*

O objetivo do presente capítulo é analisar as características dos lances realizados pelos participantes nos leilões de biodiesel conduzidos pela ANP, para assim encontrar evidências sobre a presença ou não de assimetrias entre os participantes e para compreender o mecanismo de funcionamento do leilão de biodiesel de acordo com um dos paradigmas informacionais teóricos existentes, a partir de dados empíricos.

O capítulo se divide nas seguintes seções: inicialmente, realiza-se uma breve descrição do funcionamento dos leilões de biodiesel no Brasil e seu enquadramento teórico conforme a literatura econômica; em seguida, realiza-se breve revisão de literatura sobre investigações de assimetrias entre participantes de leilões e sobre métodos de diferenciação entre o paradigma informacional dos valores privados e dos valores comuns; as duas seções seguintes apresentam a base de dados dos leilões de biodiesel e a estatística descritiva dos lances vencedores nos leilões; posteriormente, são apresentados testes para verificação de assimetria e para identificação do paradigma informacional aplicável; por fim, tecem-se as conclusões desta pesquisa.

3.1. Os leilões de biodiesel no Brasil: funcionamento e enquadramento econômico-teórico

Desde o ano de 2008, quando foram implementados, os leilões de biodiesel passaram por diversas mudanças estruturais de regras, alterando a forma de interação entre ofertantes e demandantes. Entre o primeiro leilão, em novembro de 2008, e o 82º leilão, em dezembro de 2021, diversos arranjos foram experimentados, sendo possível estabelecer que a estrutura a partir da qual se mantém uniformidade de regras básicas é a apresentada a partir do 27° certame. Desde então, os certames apresentam frequência bimestral, dividem-se nas mesmas etapas, utilizam o mesmo sistema eletrônico e o mesmo regramento básico de apresentação dos lances ofertados pelos participantes. Além disso, o critério de seleção dos lances vencedores, também não sofreu alterações nesse período.

Em linhas gerais, o leilão é organizado em duas etapas. Na primeira, que não é objeto do presente estudo, as usinas produtoras de biodiesel ofertam determinado volume de

* O presente capítulo foi objeto de publicação no Journal Renewable and Sustainable Energy Reviews em 2020, conforme indicado na referência bibliográfica [45].

biodiesel, distribuído em até três lotes com preços distintos, respeitado um preço-teto definido pela ANP. Após essa primeira etapa, os volumes e os preços dos lotes são revelados aos distribuidores, os quais fazem, numa segunda etapa, lances sobre os lotes ofertados. Os lances realizados pelos potenciais compradores (os distribuidores) podem ser direcionados a qualquer lote de qualquer usina, tendo como valor mínimo de partida o preço indicado pelo produtor, na etapa anterior, respeitando o limite de volume de cada lote ofertado pelos produtores. A dinâmica do leilão se desenvolve à medida que os participantes dão lances que se sobrepõem aos lances dados por outros competidores, para um mesmo lote de uma mesma usina, de modo que os preços seguem uma trajetória ascendente. O leilão é finalizado quando ocorrer um período de 3 minutos consecutivos sem a existência de nenhum lance dado pelos participantes.

Deve-se ressaltar que, como o distribuidor somente poderá comercializar óleo diesel se tiver biodiesel suficiente para garantir a mistura obrigatória definida em lei, pode-se considerar que os participantes dos leilões tendem a ser neutros ao risco. Em virtude disso, nos leilões de biodiesel há a necessidade de que cada distribuidor compre certo volume mínimo do biocombustível, de acordo com sua previsão de demanda de venda de óleo diesel. A decisão sobre qual lote, de qual usina e qual é o valor do lance, leva em consideração, principalmente, fatores logísticos ligados às operações físicas dos distribuidores e à relação entre as variáveis de localização da usina produtora, o que impacta nos custos de frete, e o patamar de preços em que se encontra o biodiesel de uma usina em relação aos preços das demais.

Outra implicação relevante, oriunda das regras dos leilões de biodiesel, é sua influência sobre o preço reserva. MYERSON [66] e ROBERTS [67] definem o preço reserva como o preço mínimo que um vendedor aceitará como o lance vencedor, cujo valor só é possível determinar se a função de distribuição de probabilidade dos lances for conhecida. Para a derivação das funções densidade de probabilidade dos lances dos leilões, é fundamental determinar se o preço reserva é restritivo ou não. Também devido ao fato de os participantes serem obrigados a arrematar volume suficiente de biodiesel para cumprir a mistura obrigatória no óleo diesel mineral, mesmo que por questões de custos haja um preço reserva teórico restritivo, na prática o efeito será como se não o fosse. Com isso, e considerando que os lances não vencedores não podem ser observados, torna-se necessário focar na distribuição do lance vencedor.

Debatidos esses pontos, a questão central para o estudo dos leilões é seu correto enquadramento na teoria econômica. Desde o trabalho de VICKREY [68], ferramentas da teoria dos jogos vêm sendo sistematicamente aplicadas para investigar o comportamento de equilíbrio em leilões de um único objeto ou de múltiplos objetos. No primeiro caso, quatros formatos de leilões dominam a literatura: o leilão inglês (aberto e de preço ascendente), o holandês (aberto e de preço descendente), o selado de primeiro preço, e o selado de segundo preço ou de Vickrey. Em relação aos leilões de múltiplos objetos, adotam-se os leilões sequenciais de tipo Inglês, os leilões de preço uniforme e os leilões discriminatórios.

Pelo exposto anteriormente, acerca do funcionamento dos leilões de biodiesel no Brasil, conclui-se que os mesmos se enquadram, pela teoria econômica, como leilões do tipo ascendente − ou leilão Inglês −, sequencial em seus lances, aberto em relação à revelação da informação ao concorrente − na medida em que os participantes têm ciência do nível dos lances dos concorrentes e podem rever suas propostas de preço em função disso − e multiunidade − posto que a totalidade do volume de biodiesel disponível representa um único bem homogêneo, mas que é fracionado em unidades menores indistintas entre si quanto à característica do produto, exceto pelo volume e preço do lote.

3.2. Revisão da literatura

Os leilões de biodiesel no Brasil, embora já existam há mais de uma década, carecem de estudos mais aprofundados sobre seu funcionamento e seus resultados. Os estudos sobre a sistemática dos leilões de biodiesel, especificamente, apresentados no contexto de estudos sobre a economia da energia, foram pouco pesquisados à luz da teoria econômica dos leilões e do embasamento estatístico e econométrico, ao contrário de outros processos de leilões, como por exemplo, de energia elétrica e do petróleo. Conforme detalhado no Capítulo 1, a literatura sobre o biodiesel no Brasil, embora seja ampla, é focada em cinco temas: produção e uso de biodiesel em comparação ao etanol [21, 22, 23, 24]; aspectos sociais e ambientais do biodiesel [25, 26, 27]; impacto do biodiesel na matriz energética brasileira [28, 29]; diversidade de matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel [30, 31, 32, 33, 34, 35, 36]; e os resultados do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel [37, 38, 39, 40, 41].

Sem intenção de exaurir o assunto, mas apenas de explicitar as principais linhas de pesquisas existentes, o presente capítulo tem como foco avaliar os leilões de biodiesel no

Brasil sob a perspectiva da teoria dos leilões. Uma análise técnica robusta sobre os leilões de biodiesel, com aplicação de métodos quantitativos e da teoria econômica dos leilões, representa uma contribuição que procura suprir a lacuna existente no assunto, e abrir espaço para futuras pesquisas sobre o tema.

A literatura acerca do formato de leilão, aplicável aos leilões de diferentes produtos, apresenta estudos que possibilitam informações relevantes para a identificação da existência de simetria ou assimetria entre os participantes e para o enquadramento em algum paradigma informacional a respeito do comportamento desses agentes. Destacam-se, nesse âmbito, os trabalhos de DONALD *et al.* [69], de BRENDSTRUP [70], de BRENDSTRUP e PAARSCH [71], e de LAMY [72], cujos detalhes não serão explorados no presente estudo; são destacados, entretanto, comentários acerca das considerações adotadas por esses autores sobre a simetria ou assimetria das valorações dos participantes expressas pelos lances e acerca dos paradigmas informacionais considerados para tratamento econométrico dos dados.

DONALD *et al.* [69] foram pioneiros na análise de dados de leilões multiunidades, aplicando um estimador estrutural aos dados de leilões do tipo Inglês, sequenciais e multiunidades de permissões de exportação de madeira na Rússia. Estudaram um conjunto no qual L unidades de um bem homogêneo são leiloadas sequencialmente, com cada unidade precificada identicamente como em um leilão Inglês não sequencial. Assumiram que os participantes têm demandas privadas e de várias unidades do bem, e a informação privada do participante i existe na forma de valorações marginais não crescentes $S_{i1} \geq S_{i2} \geq \ldots \geq S_{iL}$. A solução encontrada por ditos autores foi mostrar que, se as valorações dos participantes são simetricamente distribuídas em cada rodada do leilão, então um equilíbrio simétrico Bayes-Nash pode ser obtido. Além disso, derivaram uma condição suficiente para a manutenção da simetria em cada rodada do leilão – se o número de unidades valoradas pelo participante i é dado como M, então M segue a distribuição de Poisson e todas as valorações são independentes e identicamente distribuídas. Essa condição é empiricamente testável, haja vista que implica que o preço segue um processo submartingale, o que, não obstante, não resolve o problema de intratabilidade computacional para caracterização do equilíbrio. Por isso, ditos autores propuseram uma estratégia empírica semelhante à do estimador baseado em simulação, proposta anteriormente por LAFFONT *et al.* [73]. Porém, em contraste com estes últimos, DONALD *et al.* [69] incorporaram esses preços simulados a uma rotina de otimização

empírica baseada no método generalizado dos momentos, o qual busca escolher valores de θ, na forma paramétrica da distribuição dos valores privados $F_S(s;\theta)$, e do parâmetro de Poisson para igualar os momentos de preço gerados pelo modelo com as suas contrapartidas empíricas.

BRENDSTRUP [70] reexaminou a configuração do leilão Inglês, sequencial, multiunidade e de valoração privada, indicando métodos alternativos que poderiam ser usados caso a premissa de simetria indicada por DONALD *et al.* [69] não se mostrasse apropriada. Buscou identificar e estimar um modelo similar ao do DONALD *et al.* [69], mas sem a suposição de que o número de unidades demandado por cada participante deveria seguir uma distribuição de Poisson. Alternativamente, todos os participantes simplesmente apresentam L sinalizações independentes e identicamente distribuídas a partir da distribuição dos valores privados $F_S(s)$ e para cada participante a ordem das sinalizações representa a ordem das valorações marginais. O aspecto inovador desse estudo reside no fato de, apesar da complexidade estratégica existente no início do leilão, o último estágio do leilão é equivalente aquele de um leilão Inglês simples de um lance, no qual os participantes simplesmente deixam de dar lances quando o preço alcança sua valoração marginal. Por isso, BRENDSTRUP [70] utilizou apenas dados de preços do último estágio e as alocações dos estágios anteriores.

No caso supramencionado, a maior dificuldade consiste no fato de, mesmo que os participantes tenham suas valorações marginais simetricamente distribuídas antes do início do leilão, aqueles que permanecerem até o último estágio terão suas valorações distribuídas assimetricamente, haja vista que correspondem, potencialmente, a estatísticas de diferentes ordens. A premissa de BRENDSTRUP [70] de que as valorações marginais são dadas por uma amostra aleatória ordenada viabilizou a identificação não paramétrica do modelo, e para tal, utilizaram os resultados obtidos por BALAKRISHNAN e RAO [74]. O maior benefício do modelo, contudo, é o fato de a identificação ser possível mesmo quando os participantes forem assimétricos *ex ante*. Esses resultados na identificação formam uma estratégia de estimação em leilões de segundo preço, pela qual se mapeia a distribuição dos preços no último estágio e se obtém, não parametricamente, a distribuição das valorações latentes em estágios anteriores, expressando uma em função da outra.

Nessa mesma linha de pesquisa, BRENDSTRUP e PAARSCH [71] propuseram uma abordagem semi não paramétrica para tratar a heterogeneidade observável e específica de

leilões sequenciais de tipo Inglês, através do estudo empírico de leilões de peixes na Dinamarca. Esse trabalho foi baseando nos resultados de GALLANT e NYCHKA [75], os quais mostraram que qualquer distribuição bem-comportada pode ser expressa pela soma infinita de polinômios ortogonais. Isso significa que distribuições podem ser estimadas por meio do método de máxima verossimilhança através da soma de polinômios truncados em determinada ordem finita, a qual se permite crescer à medida que o tamanho da amostra também aumenta. A vantagem da abordagem semi não paramétrica em detrimento da técnica de *kernel smoothing* consiste no fato de viabilizar um meio tratável de incorporar à estimação as covariáveis Z do leilão. Nesse sentido, as valorações marginais podem ser identificadas como uma função índice simples e flexível $S_i = exp\,(Z\beta + U_i)$, onde β é o vetor de coeficientes a serem estimados e U_i é o componente idiossincrático de volatilidade aleatória de preferências do participante i. Ao incorporar essa expressão na função de verossimilhança em termos das sinalizações S, o número de parâmetros a ser estimado cresce a uma taxa controlável com o número de covariáveis incluídas.

Importantes resultados foram, também, colhidos por LAMY [72], cujos achados foram construídos a partir da teoria de KATZMAN [76] e contribuíram para a correta identificação e estimação em leilões sequenciais de tipo Inglês. Para contornar a complexidade do modelo, o autor focou sua análise em um leilão Inglês sequencial de dois estágios, enfatizando o efeito seleção que surge no caso. O autor mostrou que os estimadores de BRENDSTRUP [70] e de BRENDSTRUP e PAARSCH [71], baseados em distribuições *ex ante* das valorações marginais, assumem implicitamente uma lógica aleatória de lances no primeiro estágio para tornar o processo não viesado. Também derivou uma expressão para o preço no segundo estágio que corrige o efeito seleção quando os lances seguem uma regra monotônica da valoração mais elevada e demonstrou, através de simulação de Monte Carlo, que seu modelo tem um desempenho melhor do que o modelo de BRENDSTRUP [70].

Esses estudos mostram, em seu conjunto, alternativas para estimação de modelos para leilões sequenciais multiunidades do tipo Inglês e ressaltam que as principais condições para o êxito dessas estimações são a correta determinação da presença de assimetrias entre os licitantes e a identificação do paradigma informacional no qual se encaixa o caso em estudo.

3.3. Base de dados e estatística descritiva dos lances vencedores

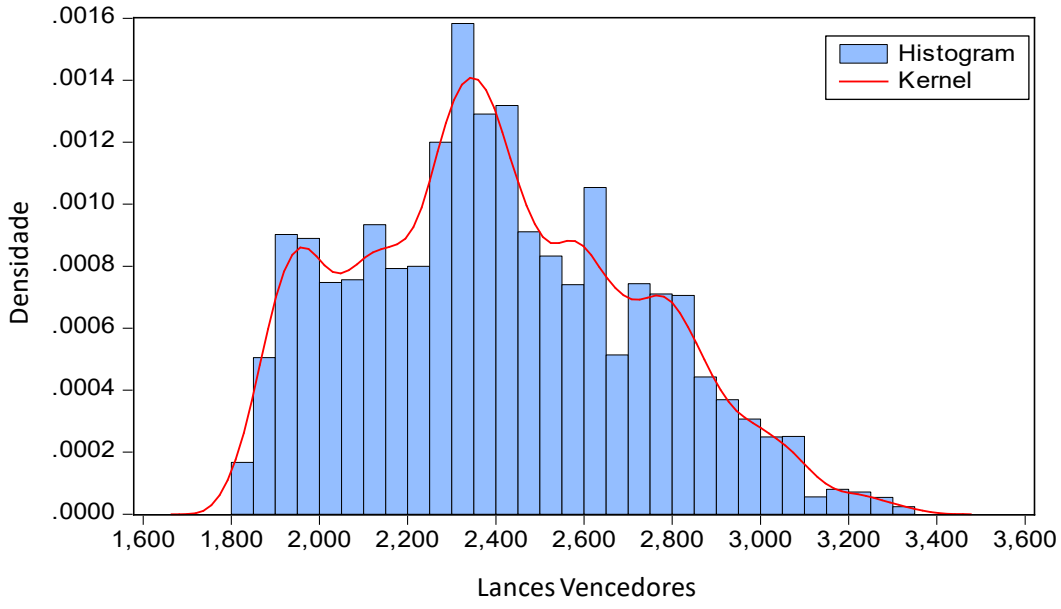
No presente estudo serão utilizados os dados disponíveis sobre os leilões de biodiesel no Brasil, os quais são constituídos pelo conjunto de lances vencedores de cada distribuidor de combustíveis participante, discriminado por volume e por preço em cada leilão. É também possível conhecer, a partir dos dados, de quais lotes e de quais produtores cada distribuidor arrematou seu produto. Contudo, não são conhecidos os lances latentes, aqueles que foram dados pelos participantes e que foram suplantados por lances superiores de um concorrente; embora esses lances latentes não estejam disponíveis, sabe-se seu quantitativo para cada leilão.

O período de apuração dos dados é compreendido pelos leilões de biodiesel realizados entre 2012 e 2019, abrangendo 43 leilões entre o L27 e o L69. Trata-se de extenso conjunto de informações que totaliza 11.483 lances vencedores, que representam o equilíbrio de um processo competitivo que envolveu 132.701 lances latentes. Esses dados são medidos em reais por metro cúbico de biodiesel (R$/m³) e são disponibilizados pela ANP, a partir do sistema Petronect, utilizado para gerenciar o certame.

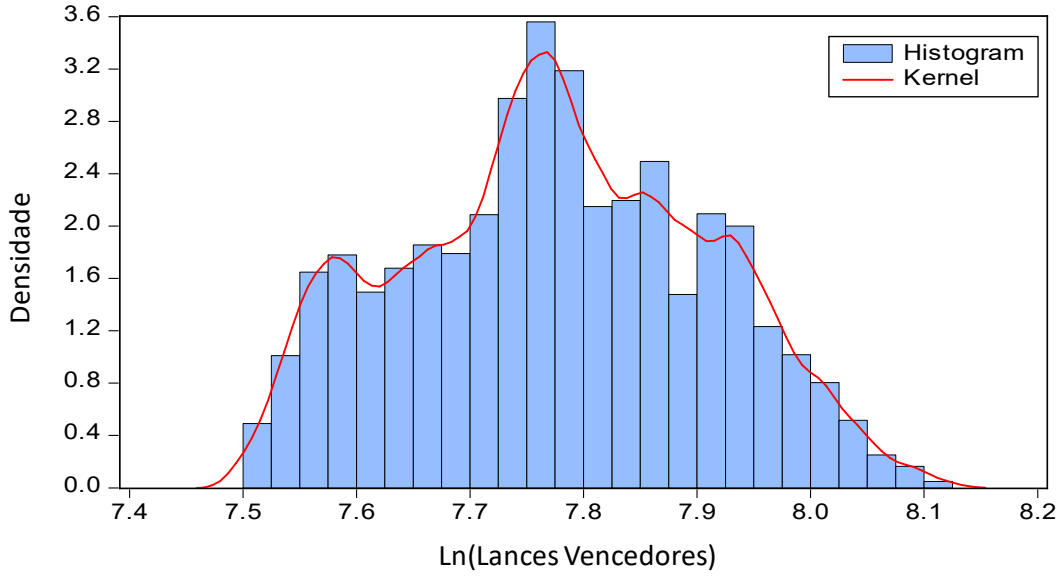
A estatística descritiva e o histograma com a distribuição dos lances vencedores, a partir de dados referentes aos leilões entre o L27 e o L69, são apresentados por meio da Tabela 23 e da Figura 18 e modo a linearizar o comportamento da distribuição dos lances, mas mantendo a compreensão sobre a proporção e ordem dos dados, os lances passaram, também, por uma transformação logarítmica.

Tabela 23. Estatística Descritiva dos lances vencedores dos leilões entre o L27 e L69.

Variável	Lances Vencedores	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose
Lances	11.483 (L27 a L69)	2.401	2.370	3.335	1.810	319,91	0,30	2,45
Ln(Lances)	11.483 (L27 a L69)	7,775	7,771	8,112	7,501	0,13	0,05	2,27



(a) Lances (R$/m³)



(b) Ln(Lances)

Figura 18. Histograma e Curva de Kernel dos lances vencedores dos leilões L27 a L69.

3.4. Investigação sobre presença de assimetria entre licitantes

Os leilões são mecanismo de precificação no qual um ofertante tenta obter todo o preço de reserva de um comprador, como informam MCAFFE e MCMILLAN [77]. Por esse motivo, a assimetria de informações se torna um fator intrínseco aos leilões, haja vista que os preços de reserva são informações privadas dos demandantes.

O tema mais relevante sobre a questão da eficiência do arranjo institucional dos leilões refere-se à estrutura competitiva vigente. Num cenário de simetria entre os concorrentes, o leilão será tão mais eficiente alocativamente, quanto maior for a homogeneidade das condições de competição entre os participantes. Porém, se há assimetrias, essa lógica não prevalece, conduzindo à relevância de se estudar a presença de assimetrias para análise mais apurada do desempenho dos leilões. Há, na literatura empírica e teórica, pesquisas que sugerem métodos de detecção de assimetrias entre os concorrentes de um leilão, como, por exemplo: ATHEY e HAILE [78, 79], CAMPO *et al.* [80], HENDRICKS *et al.* [81] e BAJARI e HORTAÇSU [82].

A verificação da existência de assimetria de informações em leilões não é atividade simples. Um primeiro desafio consiste no fato de que existem distintas distribuições dos lances, haja vista que a natureza do fenômeno pode estar ligada a questões tecnológicas, a diferenças de estrutura de custos ou a aspectos informacionais. Em segundo lugar, o oferecimento de lances por um participante do leilão é uma decisão que envolve duas fases: na primeira, o agente decide entre entrar ou não no leilão; na segunda, define o valor a ser ofertado pelo bem. Nesse cenário, a presença de um grande competidor pode, em tese, afetar tanto a decisão de participação quanto a do valor a ofertar pelo bem, assim como a persistência em competir com o concorrente nos lances, o que é comum em leilões do tipo Inglês.

A natureza do funcionamento dos leilões de biodiesel conduz à suposição acerca da existência de assimetrias entre os participantes, especialmente entre distribuidores de combustíveis que operam nacionalmente e que detêm elevada participação de mercado, e demais distribuidores que operam regional ou localmente. Essa assimetria pode advir ora de fatores ligados à informação, ora de fatores ligados a questões logísticas, de custos ou de escala de operação. Considerando que o mercado de distribuição de combustíveis no Brasil, cuja participação de mercado dos três maiores distribuidores − denominados, no presente estudo, "G3", em contraste com o conjunto de todos os outros distribuidores, doravante denominados "Demais" − possuem mais de 50% do mercado de óleo diesel em todas as regiões do Brasil, trazem indícios sobre configuração que não seria, em tese, incompatível com a presença de assimetria entre esses agentes e os demais, que operam em escala menor e abrangência territorial mais restrita. Por esse motivo, a exploração estatística de dados para averiguar a hipótese de presença de assimetria torna-se importante.

HENDRICKS *et al.* [83] examinaram o modo pelo qual as assimetrias de informação entre participantes de leilões de óleo e gás afetam suas estratégias. Esses autores fizeram uso de análise a partir da existência de compradores com informações privadas superiores aos demais participantes, que somente acessariam informações públicas. A conclusão desse estudo foi no sentido de que o equilíbrio se alcança por meio de configuração na qual os compradores com menos informação ofertam, com mais frequência, menos do que o participante com informação privada privilegiada. Isso se evidencia estatisticamente através da dominância da distribuição dos lances do comprador com informação privada sobre a distribuição dos demais participantes.

O primeiro passo para essa investigação consiste na separação dos dados entre os lances vencedores dos distribuidores membros do G3 e os lances dos demais. Preliminarmente, havendo assimetria no sentido de que os lances vencedores dos participantes do G3 dominarem estocasticamente os lances dos demais, é esperado que as funções de densidade e de distribuição acumulada daqueles exerça dominância sobre as funções destes.

Contribuições importantes nessa área foram dadas por BAJARI e HORTAÇSU [82], CAMPO *et al.* [80], GUERRE *et al.* [84] e PERRIGNE e VUONG [85]. As estimações das funções de densidade e da distribuição acumulada dos lances, implementada no presente estudo, segue as diretrizes metodológicas apresentadas por esses autores para calcular uma estimação não paramétrica baseada no estimador de Kernel.

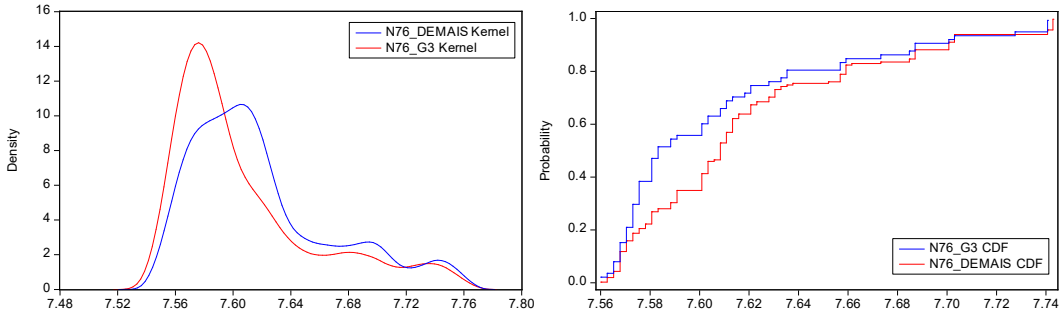
Segundo LI e RACINE [86], a implementação desse estimador demanda a separação da base de dados em conjuntos que contemple um número idêntico de participantes n, partindo-se da premissa de que o lance a ser dado por um concorrente será função do número de competidores a ser enfrentado. Adicionalmente, visa-se a avaliar as diferenças das distribuições dos lances "G3" em relação aos lances dos “demais” participantes, o que justifica separar as observações em dois grupos consistentes com o padrão de assimetria a ser verificado. Essa segregação é apresentada na Tabela 24.

Tabela 24. Lances agrupados dos leilões L27 a L69, segregados pelo número de licitantes.

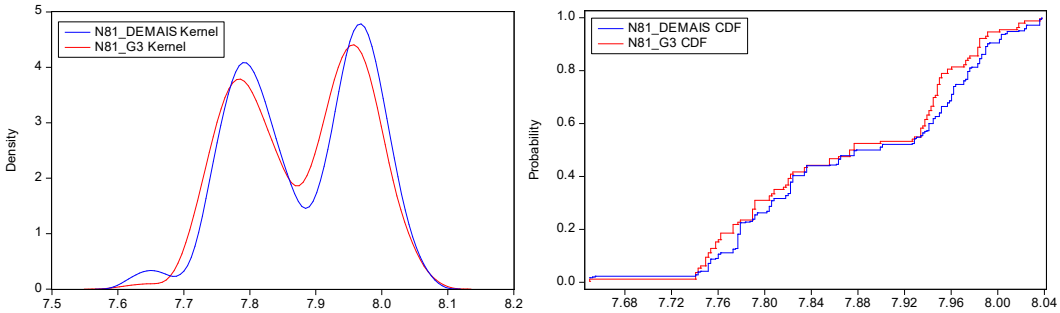
Número de licitantes	**Leilões**	**Número total de lances**	**Lances "G3"**	**Lances "Demais"**
76	L41	242	69	173
81	L50 e L51	492	121	371

82	L49, L52, L53, L57 e L59	1.281	311	970
83	L47	263	69	194
84	L36, L39, L46 e L54	1.008	263	745
85	L45, L48, L55 e L60	1.067	270	797
86	L43, L44 e L56	795	206	589
87	L27, L58 e L66	816	209	607
88	L29 e L34	480	119	361
89	L40, L42, L63 e L67	1.163	308	855
90	L28, L35, L37, L38, L61, L64, L68 e L69	2.295	608	1.687
91	L33 e L62	557	155	402
92	L31 e L65	560	135	425
93	L30 e L32	464	107	357
	Total	11.483	2.950	8.533

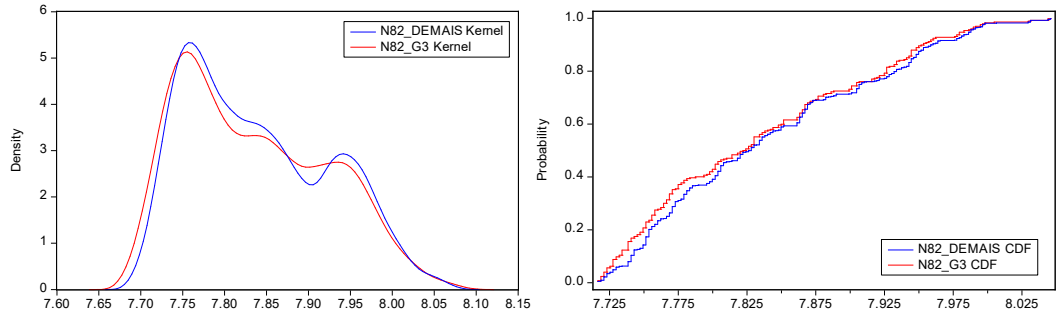
A Tabela 24 mostra que existem 14 grupos de dados de leilões organizados para valores fixos de número de participantes *n*, conforme explicitado nas duas primeiras colunas dessa tabela. A partir desses grupamentos, é possível especificar as funções de densidades de probabilidade (fdp) e as funções de probabilidade acumulada (cdf) dos lances "G3" e "Demais". Essas funções são determinadas na Figura 19, a partir dos lances transformados para base logarítmica.



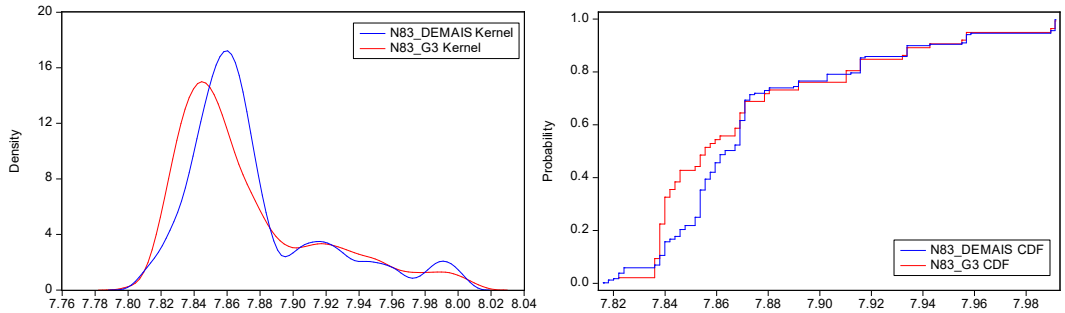
(a) n=76



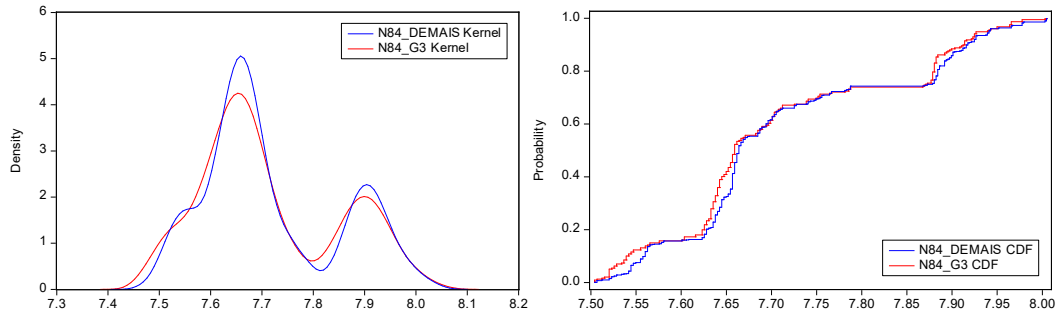
(b) n=81



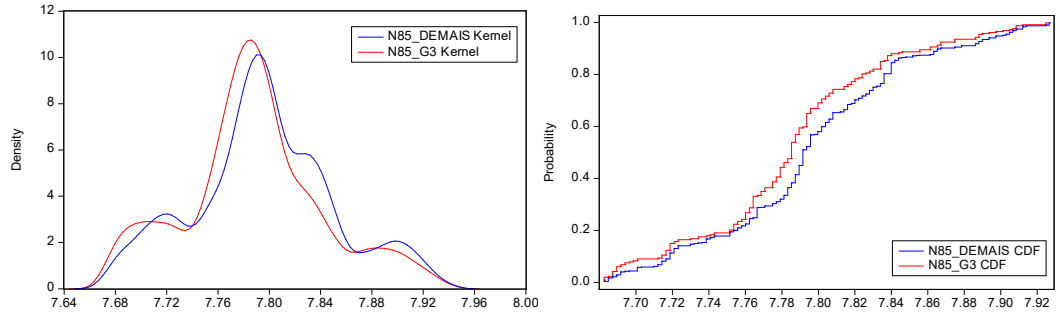
(c) n=82



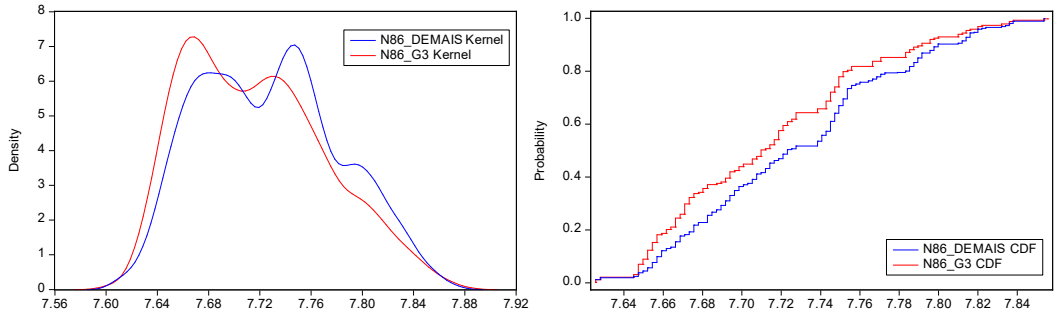
(d) n=83



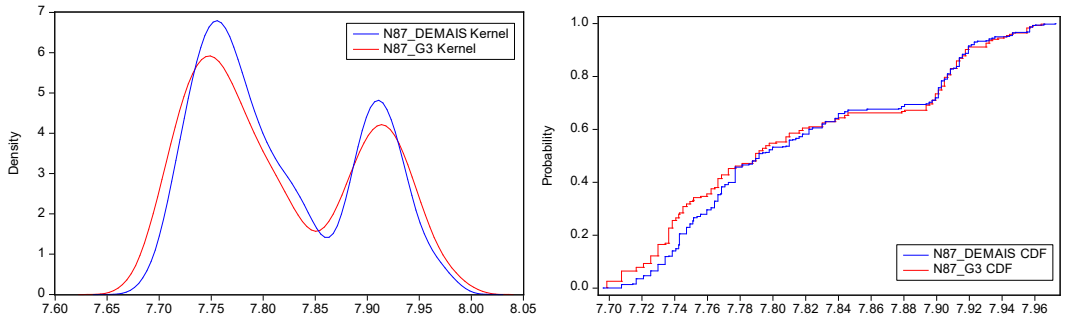
(e) n=84



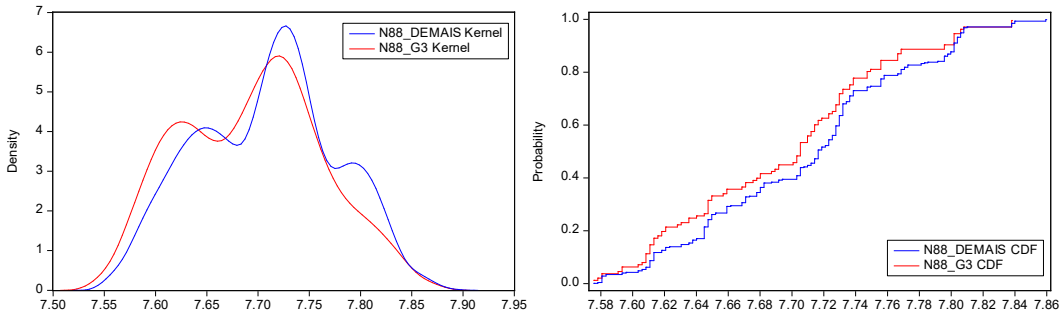
(f) n=85



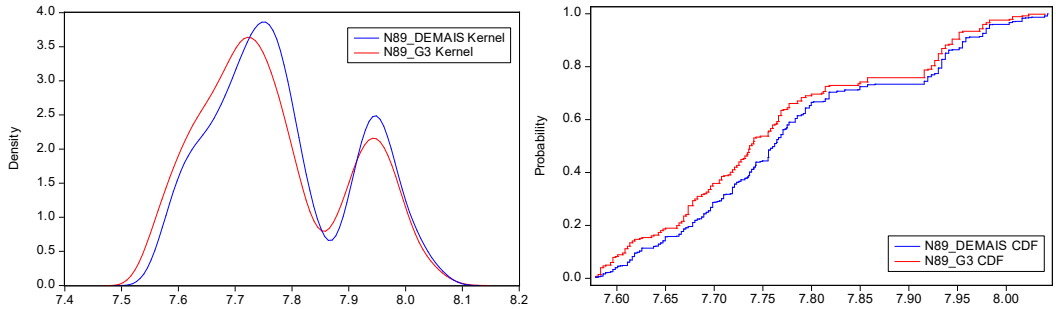
(g) n=86



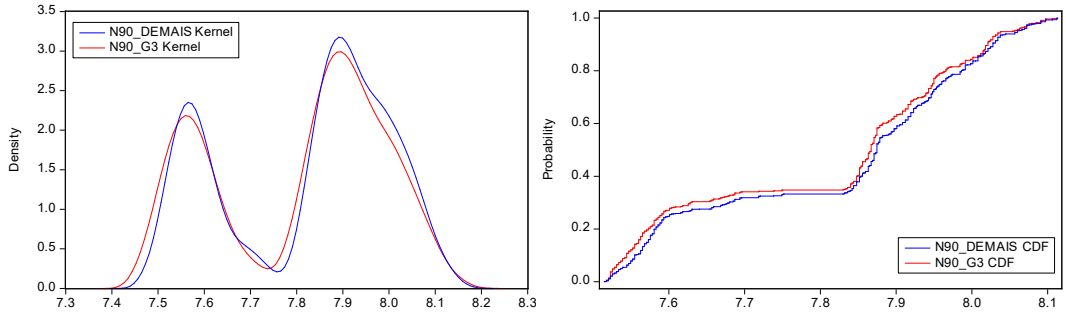
(h) n=87



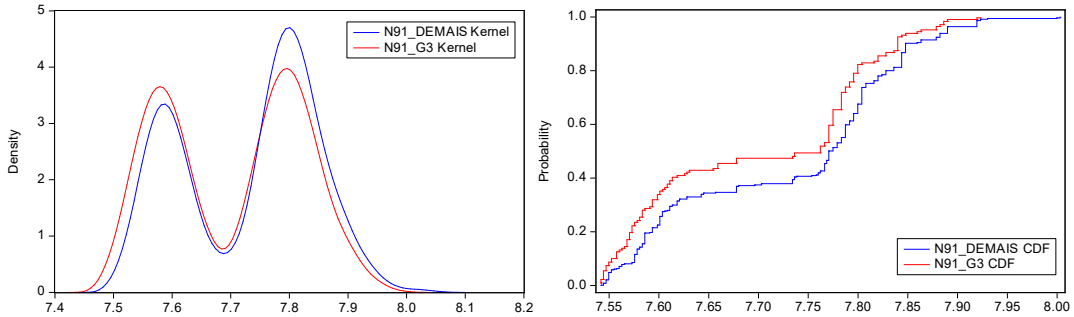
(i) n=88



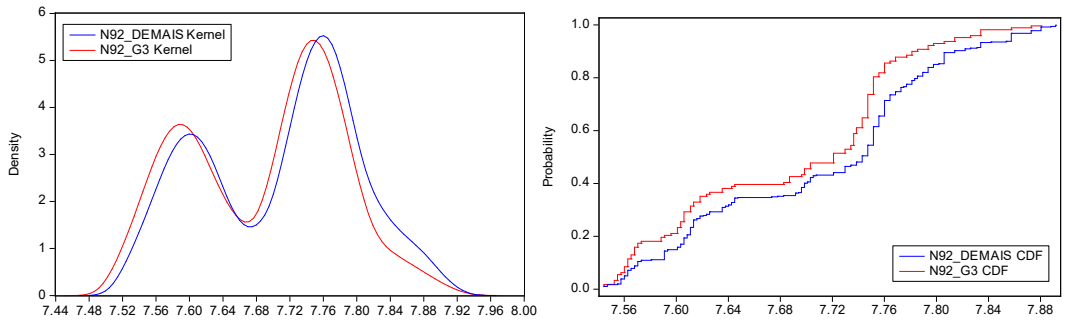
(j) n=89



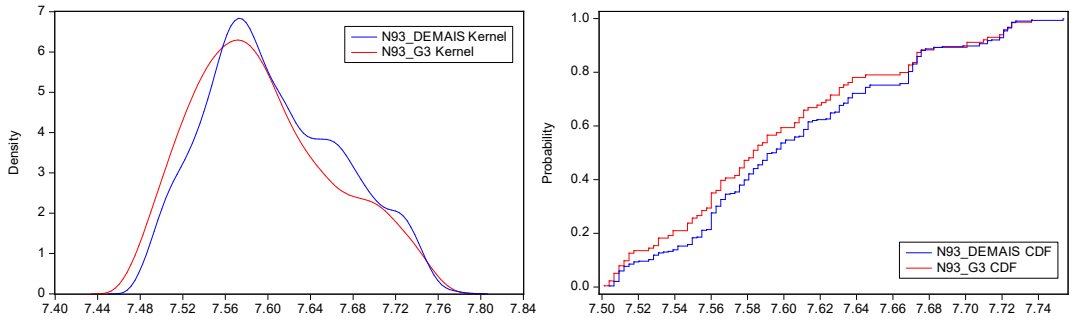
(k) n=90



(l) n=91



(m) n=92



(n) n=93

Figura 19. Funções de Densidade de probabilidade e de probabilidade acumulada dos lances "G3" e "Demais" dos leilões entre L27 e L69.

A Figura 19 mostra aparente inexistência de um padrão de dominância estocástica claro de um grupo ("G3" ou "Demais") sobre o outro, o que é evidenciado pelas posições das densidades de probabilidade e das distribuições acumuladas. Nesse sentido, os resultados empíricos sugerem a não ocorrência de assimetria dos lances dos distribuidores com atuação nacional em relação aos distribuidores regionais, haja vista não se verificar a dominância estocástica da distribuição dos lances de participantes com supostas informações privilegiadas em relação aos demais participantes.

Outra evidência acerca das distribuições das duas amostras refere-se à bimodalidade identificada na maior parte das amostras *n*, tanto para o grupo "G3" quanto para o grupo "Demais". Isso indica que as funções densidade de probabilidade (fdp) desses dois grupos apresentam dois pontos de frequência máxima, representando duas curvas com duas modas diferentes.

De modo a avaliar se as distribuições dos lances de cada grupo são provenientes da mesma população, realiza-se o teste Kolmogorov-Smirnov biamostral, cuja hipótese nula é a existência de igualdade entre as distribuições. O teste avalia se duas amostras são originadas de uma mesma população, ou de populações diferentes com distribuições iguais, a partir da significância da diferença entre ambas as amostras de dados, a partir de comparação entre as distribuições de probabilidade cumulativas. Caso a diferença entre os valores das duas distribuições acumuladas seja elevada, o teste indica que a probabilidade de os dados terem sido gerados a partir da mesma distribuição é baixa.

A estatística KS do teste é definida pela Equação 1:

$$\text{KS} = max\{F_1(x) - F_2(x)\} \qquad \textit{(Equação 1)}$$

onde $F_1(x)$ e $F_2(x)$ são as funções de distribuição acumuladas estimadas empiricamente. Em termos gráficos, essa estatística determina o valor da maior distância entre curvas de distribuição acumulada apresentadas na Figura 19.

A Tabela 25 mostra os resultados do teste. Exceto pelos leilões com 76, 83 e 85 participantes, todos os demais apresentam estatística KS calculada inferior ao valor crítico, a um nível de significância de 1%. Em outras palavras, dos 43 leilões pesquisados,

em 37 deles é possível afirmar a existência simetria de informação entre os participantes, o que representa 86% dos casos.

Tabela 25. Teste Kolmogorov-Smirnov para duas amostras dos leilões L27 a L69.

Número de Licitantes	Leilões	Lances "G3"	Lances "Demais"	α	KS calc.	KS crítico
76	L41	69	173	1%	0,2444	0,2274
81	L50 e L51	121	371	1%	0,1141	0,1681
82	L49, L52, L53, L57 e L59	311	970	1%	0,0565	0,1052
83	L47	69	194	1%	0,2286	0,2239
84	L36, L39, L46 e L54	263	745	1%	0,0865	0,1157
85	L45, L48, L55 e L60	270	797	1%	0,1254	0,1136
86	L43, L44 e L56	206	589	1%	0,1155	0,1304
87	L27, L58 e L66	209	607	1%	0,1085	0,1292
88	L29 e L34	119	361	1%	0,1314	0,1697
89	L40, L42, L63 e L67	308	855	1%	0,0984	0,1073
90	L28, L35, L37, L38, L61, L64, L68 e L69	608	1.687	1%	0,0669	0,0765
91	L33 e L62	155	402	1%	0,1275	0,1520
92	L31 e L65	135	425	1%	0,1509	0,1587
93	L30 e L32	107	357	1%	0,0834	0,1768
	Total	2.950	8.533			

Complementarmente ao teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, outro fato estilizado acerca da presença de simetria é o de que os lances de um grupo tendem a ter médias estatisticamente superiores às do outro grupo, o que pode ser verificado por meio da estatística-t para testes da média, onde a hipótese nula seria que a diferença da média dos lances do grupo "G3" e do grupo "Demais" fosse igual a zero, para cada valor de *n* já especificado. Os resultados são apresentados na Tabela 26.

Tabela 26. Teste de igualdade de médias entre séries (estatística-t) dos leilões L27 a L69.

Número de Licitantes	Leilões	Lances "G3"	Lances "Demais"	Graus de Liberdade	Estatística t	p-valor
76	L41	69	173	240	1,7616	0,0794*
81	L50 e L51	121	371	490	0,4885	0,6254
82	L49, L52, L53, L57 e L59	311	970	1.279	0,9046	0,3658
83	L47	69	194	261	0,6844	0,4943
84	L36, L39, L46 e L54	263	745	1.006	0,4157	0,6777
85	L45, L48, L55 e L60	270	797	1.065	2,1246	0,0339**

86	L43, L44 e L56	206	589	793	2,4466	0,0146**
87	L27, L58 e L66	209	607	814	0,2413	0,8094
88	L29 e L34	119	361	478	2,0209	0,0438**
89	L40, L42, L63 e L67	308	855	1.161	1,9053	0,0570*
90	L28, L35, L37, L38, L61, L64, L68 e L69	608	1.687	2.293	1,7707	0,0767*
91	L33 e L62	155	402	555	2,4227	0,0157**
92	L31 e L65	135	425	558	1,9764	0,0486**
93	L30 e L32	107	357	462	1,4823	0,1389
	Total	2.950	8.533			

* Significante a 10%
** Significante a 5%

Observando os resultados obtidos na Tabela 26 pode-se afirmar que, a um nível de significância de 10%, pode-se aceitar a hipótese nula de igualdade entre as médias das séries para os leilões com número de participantes $n = \{76; 89; 90\}$ e, a um nível de 5%, para $n = \{85; 86; 88; 91; 92\}$. Desse resultado se extraem duas conclusões. A primeira é a de que o teste de igualdade de médias corrobora as conclusões gerais obtidas por meio do Figura 19 e do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, expresso na Tabela 25, haja vista que indica que em 28 dos 43 leilões é inferida, a um nível de significância de 5% ou de 10%, a igualdade entre as médias dos grupos "G3" e "Demais". A segunda é a de que, apesar de o teste KS ter indicado que as distribuições dos lances dos grupos "G3" e "Demais" serem originados de populações distintas para $n = \{76; 83; 85\}$, o teste-t para a igualdade de médias revelou que, para o caso dos leilões com 76 e com 85 participantes, a média das distribuições dos lances é estatisticamente igual entre as amostras "G3" e "Demais".

Esses resultados, em conjunto, sugerem que os participantes dos leilões de biodiesel tendem a ser simétricos em relação à informação disponível. É relevante, então, compreender o modo como essa informação está estruturada, o que será mostrado na próxima seção.

3.5. Investigação sobre o paradigma informacional aplicável aos leilões de biodiesel

Após trabalhos pioneiros de WILSON [87, 88], MILGROM e WEBER [89] e HARSANYI [90], a modelagem de leilões como jogos de informação incompleta consolidou-se entre economistas, adotando-se o equilíbrio de Bayes-Nash como solução

para o jogo. Nos jogos de informação incompleta, a primeira preocupação na modelagem deve ser a estrutura da informação. Isso significa ter em mente como um participante do leilão recebe e assimila as informações sobre suas próprias valorações acerca do objeto leiloado, assim como o que cada participante sabe sobre as valorações de seus concorrentes. Desse modo, partindo do pressuposto que o objetivo da modelagem econométrica na análise dos dados de leilões envolve a caracterização da distribuição face à heterogeneidade dos participantes, as suposições acerca do tipo de estrutura informacional afetam significativamente os resultados e a interpretação das análises empíricas.

O modelo geral dos leilões, organizado a partir do paradigma de valores afiliados (VA), foi inicialmente desenvolvido por WILSON [87] e MILGROM e WEBER [89]. Embora a questão da afiliação raramente surja, de modo explícito, em estudos sobre modelos estruturais de leilões, o paradigma dessa estrutura informacional está implícita na grande maioria deles, como ressaltam GOVINDAN e WILSON [91, 92] e CASTRO [93].

O paradigma dos valores afiliados é separado em dois ramos: o do paradigma dos valores comuns (VC) e dos valores privados (VP), cuja divisão existente é teórica e testável empiricamente. Alguns autores defendem a existência de um paradigma que tem interseção com ambos, denominado paradigma da informação privada condicionalmente independente (IPCI). Os demais modelos são subcomposições dos casos gerais, diferenciados pelas características de assimetria e dependência entre os valores afiliados dos participantes. Os leilões podem, em tese, ser enquadrados em pelo menos um desses paradigmas, a partir de dados empíricos, cujo resultado gera implicações acerca da eficiência da dinâmica competitiva e a possibilidade de se avaliar, a partir dessas conclusões, propostas de melhoria no desenho dos leilões.

No processo de modelagem estrutural, a decisão crítica inicial refere-se à escolha do paradigma informacional. Isso equivale a realizar o seguinte questionamento: a informação privada do participante corresponde à sua própria preferência idiossincrática pelo bem ou corresponde a uma sinalização de um valor desconhecido, que poderia ser refinado, se o participante tivesse acesso às informações privadas de seus adversários? Essa distinção tem impacto relevante nos resultados da modelagem e nas prescrições sobre o leilão, haja vista que praticamente toda a literatura sobre tratamento econométrico

envolveu o enquadramento dos modelos em algum subparadigma do paradigma geral dos valores afiliados.

Estudos conduzidos por PAARSCH [94], HONG e SHUM [95], e BAJARI e HORTAÇSU [96] apresentam métodos paramétricos para distinguir os paradigmas dos valores comuns em relação ao dos valores privados. No presente estudo optou-se por seguir a estratégia de BAJARI e HORTAÇSU [96], os quais iniciaram seus estudos sobre leilões de moedas de colecionadores no eBay, assumindo que esses leilões eram representados pela estrutura informacional dos valores comuns. Porém, realizaram testes fundamentados nos resultados de MILGROM e WEBER [89], os quais indicaram que em leilões do tipo Inglês, os lances baseados nos valores privados não são afetados por mudanças na competição, ao passo que lances sob os valores comuns são decrescentes em relação ao número de participantes. Essas conclusões podem ser verificadas por meio de regressão dos lances em relação ao número de participantes n e da realização de testes de hipóteses sobre o coeficiente de n.

Conforme explicam MILGROM e WEBER [89], as premissas dos valores comuns e dos valores privados podem conduzir a padrões distintos de comportamento dos agentes ao realizarem lances em leilões, bem como as prescrições normativas podem ser diversas umas das outras. Embora a especificação sob o paradigma dos valores privados seja econometricamente mais fácil de ser tratada, a crença é a de que os leilões de biodiesel no Brasil tenham um componente de valores comuns. Dita afirmação ocorre devido ao fato de existir um mercado de venda de alta liquidez para o óleo diesel, ao qual o biodiesel arrematado é misturado; por isso, é de se esperar que um competidor considere útil conhecer as expectativas de valores dos demais concorrentes sobre o diesel

Um teste empírico para distinção entre os valores privados puros e os valores comuns puros reside em testar a presença da "maldição do vencedor", como sugerido, pioneiramente, por MILGROM e WEBER [89] e, posteriormente, explorado por PAARSCH [94], HAILE *et al.* [97] e ATHEY e HAILE [78]. É de se esperar que, sob a presença do paradigma dos valores comuns, os participantes irão racionalmente reduzir os valores de seus lances para prevenir a ocorrência da maldição do vencedor, de modo que, em um leilão com n participantes, os lances serão menores, na média, do que em um leilão com $(n - 1)$ participantes. Já sob a hipótese de prevalência dos valores privados, espera-se que o número de participantes não exerça nenhum efeito sobre os valores dos

lances, haja vista que a estratégia dominante, nesse caso, é apresentar como lance o valor de sua própria valoração sobre o bem.

O número de participantes nos leilões varia entre 76 e 93 ao longo da série histórica, de modo que se torna relevante compreender os determinantes de entrada do agente no processo concorrencial. Embora seja compreensível que os distribuidores de combustíveis definam sua participação pelo fato de comercializarem óleo diesel e, por isso, tenham que adquirir biodiesel para garantir a mistura obrigatória dos dois combustíveis, esses distribuidores podem ser influenciados por outras covariáveis, como, por exemplo, o preço mínimo do biodiesel, para tomar a decisão sobre participar ou não do leilão.

As variáveis principais, disponíveis na base de dados, que podem explicar o valor dos lances vencedores nos leilões (Bid_t) são:

- O lance mínimo inicial (Bid_{min}), composto pelo preço ao qual os produtores realizaram suas ofertas;
- O excedente de volume do leilão ($Vol_{surplus}$)[5], representado pela diferença entre o total ofertado pelos produtores e o total demandado pelos distribuidores;
- O *spread* do preço (P_{spread}), representado pela diferença entre o valor do lance vencedor e do lance mínimo inicial;
- O número de lances totais (Bid_{total}) dados pelos participantes, abrangendo os lances vencedores e não vencedores; e
- O número de lances válidos (Bid_{valid}), equivalente aos lances vencedores.

A especificação paramétrica da dinâmica concorrencial, portanto, pode ser potencialmente determinada pela Equação 2:

$$Bid_t = c + \beta_1 n + \beta_2 Bid_{min} + \beta_3 P_{spread} + \beta_4 Vol_{surplus} + \beta_5 Bid_{total} + \beta_6 Bid_{valid} + \varepsilon_t$$

(*Equação 2*)

Foram estimados seis modelos para determinação dos parâmetros, utilizando o método dos mínimos quadrados ordinários e considerando os valores dos lances em escala normal e logarítmica. Os resultados são mostrados na Tabela 27.

[5] Funciona como uma *proxy* para o grau de competição do certame e, consequentemente, causa que pode elevar o valor final do lance vencedor.

Tabela 27. Regressão dos lances vencedores sobre o número de licitantes por Mínimos Quadrados Ordinários.

Variáveis	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
Variáveis Dependentes	*Bid*	*Bid*	*Bid*	*Bid*	*Bid*	*ln(Bid)*
Variáveis Independentes						
c	3.245,640 (0.0001)	-	3.958,307 (0.0000)	3.266,453 (0.0001)	-	-
N	- 15,16586 (0.0792)	- 1,054975 (0.0256)	- 20,52785 (0.0285)	- 13,75673 (0.1050)	- 5,227692 (0.0026)	- 0,002099 (0.0473)
Bid_{min}	-	1,054975 (0.0000)	-	-	1,116341 (0.0000)	-
$ln\ (Bid_{min})$	-	-	-	-	-	1,007365 (0.0000)
P_{spread}	3,220834 (0.0000)	-	3,782843 (0.0000)	2,813236 (0.0000)	-	-
$Vol_{surplus}$	0,000743 (0.3233)	-	-	-	-	-
Bid_{total}	-	0,031356 (0.0000)	- 0,056154 (0.0961)	-	-	-
Bid_{valid}	-	-	-	-	0,947687 (0.0700)	0,000543 (0.0080)
R^2	0,5872	0,9764	0,6064	0,5763	0,9544	0,9604
R^2 Ajustado	0,5546	0,9752	0,5754	0,5545	0,9521	0,9584
Número de Observações	42	42	42	42	42	42

Os seis modelos testados apresentam lances vencedores negativamente correlacionados ao número de participantes nos leilões. Os coeficientes são estatisticamente significativos a um nível de significância de 10% em todos os casos, exceto para o modelo 4, em que o p-valor foi de 0,1050.

Deve-se ressaltar que os resultados desse teste de regressão são evidências a favor da presença de valores comuns no comportamento dos participantes dos leilões, em consonância com as conclusões apresentadas por BAJARI e HORTAÇSU [96] a partir dos resultados de MILGROM e WEBER [89].

Por fim, uma ressalva deve ser feita. Outros estudos também obtiveram sucesso no teste entre os valores comuns e os valores privados, sem, contudo, impor premissas paramétricas, destacando-se ATHEY e HAILE [78], LAFFONT e VUONG [98],

CAMPO *et al.* [80], PINKSE e TAN [99] e SAREEN [100]. Dentre esses estudos, merecem destaque as observações feitas por PINKSE e TAN [99], devido a sua relação com os resultados apresentados na Tabela 27. Esses autores apresentaram uma metodologia para diagnosticar o paradigma dos valores privados afiliados, visando à distinção entre as estruturas informacionais dos valores comuns e privados em leilões de primeiro preço; esse estudo foi pioneiro por derrubar a ideia, até então prevalecente, de que em leilões sob o paradigma dos valores privados o nível dos lances era estritamente crescente com o aumento do número potencial de participantes; em contraposição, mostraram que essa lógica só se aplica para casos especiais do subparadigma dos valores privados independentes. Em outras palavras, os resultados do estudo indicam que observações empíricas de lances não monotônicos em n podem ser interpretadas como rejeição do caso extremo de valores privados independentes, mas não necessariamente de outros subparadigmas dos valores privados afiliados. Sendo assim, os resultados do presente estudo, além de corroborar a aplicabilidade do paradigma dos valores comuns aos leilões de biodiesel, também reconhecem que modelos de valores privados afiliados, mas não independentes, podem representar o comportamento dos participantes desses leilões.

Desse modo, conclui-se que a estrutura informacional dos leilões de biodiesel no Brasil se enquadra na área marcada em cinza da Figura 20.

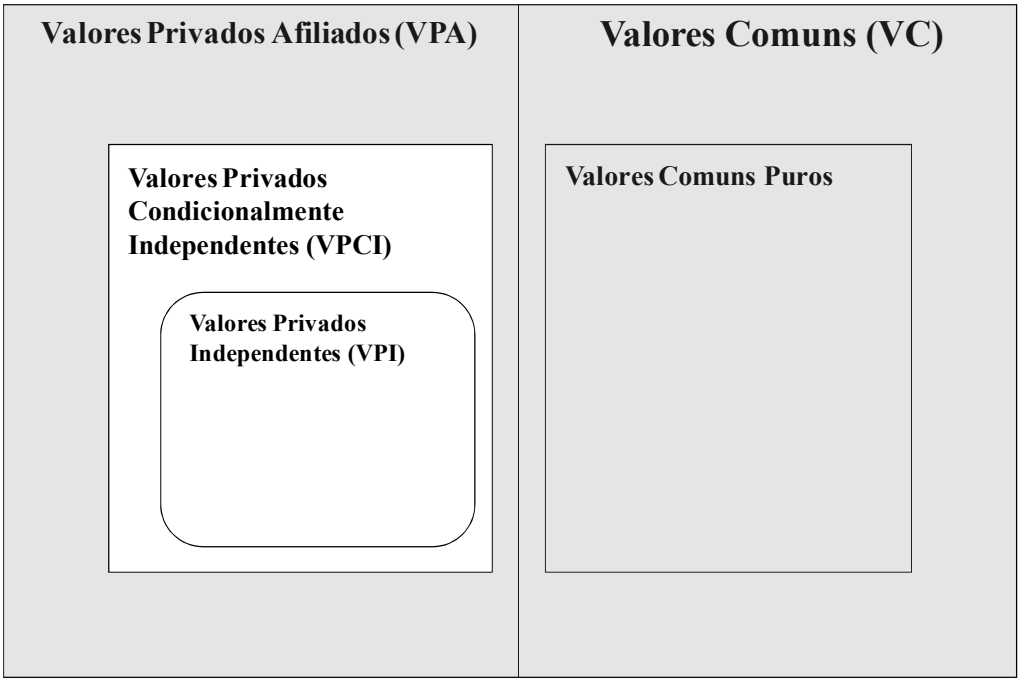


Figura 20. Enquadramento dos leilões de biodiesel nos paradigmas informacionais.

A Figura 20 indica que os leilões de biodiesel funcionaram, ao longo de sua história, como leilões cuja estrutura informacional combinava elementos do paradigma dos valores comuns e elementos do paradigma dos valores privados afiliados, excluído o caso de independência desses valores. Esse enquadramento traz consigo implicações econômicas sobre a eficiência dos leilões de biodiesel e sobre a existência da maldição do vencedor, as quais são detalhadas na Seção 3.6.

3.6. Implicações econômicas sobre a eficiência do modelo dos leilões de biodiesel e a maldição do vencedor

Algumas das questões mais relevantes à avaliação do desempenho de leilões, à luz da teoria econômica, residem na análise de seus resultados quanto à receita, pela ótica do ofertante, e quanto à eficiência alocativa, pela ótica do consumidor ou comprador. Esse aparente *tradeoff* sinaliza para a relevância de regras que permitam aos participantes de um leilão encontrar um equilíbrio entre o objetivo de maximizar os ganhos com as vendas e o de minimizar os custos com a compra, objetivos esses que se materializam nos preços e nas quantidades transacionadas. Essas variáveis são influenciadas diretamente tanto pelo formato de leilão adotado quanto pelo paradigma informacional que descreve, para os participantes, os valores dos objetos leiloados.

Em relação aos diversos formatos de leilão existentes, o leilão Inglês, caracterizado como sendo aberto e de lances ascendentes, é um dos formatos mais utilizados, especialmente devido a suas características. Em primeiro lugar, sob a perspectiva dos ofertantes nos leilões, e levando em consideração que os leilões de biodiesel apresentam simetria dos lances entre os participantes e paradigma informacional com valores interdependentes ou afiliados, os leilões do tipo Inglês são melhores do que os leilões selados de primeiro e segundo preços, em termos de maximização da receita [101]. Esses fatores oriundos da teoria econômica e aplicáveis ao caso prático dos leilões de biodiesel permitem inferir que o formato Inglês foi escolha governamental acertada, em vez do formato selado, adotado para os leilões de campos de petróleo e de energia elétrica.

Em segundo lugar, sob a ótica do licitante, é um leilão simples em termos estratégicos, haja vista que, dado o preço corrente no leilão, cada licitante deve decidir se dá um lance ou se retira-se do certame; o simples fato de os preços serem visíveis aos participantes indica que os licitantes podem permanecer até que o preço seja equivalente

à sua própria estimativa do valor do objeto, condicional a todas as informações disponíveis durante o processo [101].

Embora a literatura econômica corrobore que, sob o paradigma dos valores privados independentes, os leilões do tipo Inglês sempre alocam eficientemente os lances, de modo que, se cada licitante adotar o comportamento previsto de se retirar do leilão quando o preço alcançar seu valor privado, então o licitante com o maior valor privado irá arrematar aquela unidade em leilão. Nesse caso, na melhor das hipóteses, o licitante somente deixa de dar lances numa determinada unidade por ter esse lance alcançado uma estimativa do valor, e não o valor exato, de modo que a caracterização da eficiência se torna mais complicada.

Porém, quando existe interdependência e o paradigma aplicável é o dos valores privados afiliados, esse racional não funciona adequadamente, haja vista que os licitantes apenas têm informação parcial sobre seus próprios valores, os quais dependem também das informações geradas pelos demais licitantes ao longo do leilão. Com valores interdependentes, a informação necessária para se determinar os valores, por cada licitante, é dispersa entre todos os participantes, de modo que, para se alcançar a eficiência, a informação deve aparecer durante o leilão, à medida em que os lances são dados.

As propriedades de eficiência nos leilões do tipo Inglês sob essas condições foram estudadas na literatura. MASKIN [102] e DASGUPTA [103] mostraram que um equilíbrio eficiente num leilão Inglês de dois licitantes sob o paradigma dos valores afiliados é possível ser for atendida a condição de cruzamento simples (*single crossing condition*), entendida como uma condição bilateral pela qual os valores dos licitantes são vinculados *ex ante* de modo a garantir que os valores *ex post* serão ordenados conforme esperado para o caso dos valores privado. Essa condição, contudo, não se sustenta no caso de existirem três ou mais licitantes; nesse caso, KRISHNA [104] aprimorou a tese ao propor a existência de equilíbrio eficiente através da condição de cruzamento médio (*average crossing condition*), a qual vincularia os valores de todos os licitantes e garantiria a eficiência para qualquer número de licitantes. Essas conclusões, porém, aplicam-se ao caso de venda de um objeto, mas não se sustentam no caso do leilão Inglês multiunidades.

No caso do leilão Inglês de uma unidade, o objeto não é arrematado até que todos, exceto o vencedor, deixem o leilão, o que significa que o licitante vencedor saberá a sinalização dos valores de todos os demais participantes e, consequentemente, saberá quantificar corretamente sua própria valoração. Essa condição, contudo, não se sustenta nos leilões multiunidades, já que algumas unidades são arrematadas antes de toda a informação dos participantes dos leilões ser revelada, o que conduz à ineficiência. KRISHNA [101] ressalta que, exceto para o caso em que existam dois licitantes apenas, os formatos mais comuns de leilões não têm mecanismos certos para lidar com os desafios dos valores interdependentes num contexto de dinâmica multiunidade. Em síntese, a computação do equilíbrio num leilão com as configurações dos leilões de biodiesel é uma atividade complexa.

Além do tema da eficiência, o fato de os leilões de biodiesel terem sido enquadrados como um leilão no qual se aplicam características do paradigma dos valores comuns e dos valores privados afiliados (descartados os valores privados independentes), traz também a possibilidade de que exista a anomalia da maldição do vencedor.

Historicamente, o fenômeno foi inicialmente identificado e empiricamente confirmado por CAPEN *et al.* [105], num contexto de leilões do governo dos Estados Unidos, na década de 1960, para prover direitos de exploração de reservas de óleo e gás. A maldição do vencedor implica na tendência de que o lance vencedor exceda o valor real do produto. Isso cria uma situação na qual o vencedor de um leilão descobre que pagou mais do que a real estimativa do valor do objeto, gerando uma discrepância entre o preço final de arremate e o lance imediatamente inferior proveniente do licitante que não ganhou a compra. Esse efeito ocorre, essencialmente, por quatro razões [106]: (i) os licitantes têm acesso a informações diferentes ou têm acesso a quantidades distintas de informações; (ii) os licitantes interpretam a mesma informação diferentemente; (iii) a valoração do objeto leiloado é complicada e sujeita a um processo subjetivo dos licitantes; e (iv) existe um número elevado de licitantes participando dos leilões.

Conjunto extenso de estudos empíricos foi realizado desde então para averiguar a presença da maldição do vencedor em distintos contextos: no mercado de ações [107], na indústria do petróleo [105, 108], no mercado de agenciamento de profissionais de esportes [109, 110], no mercado publicitário [111], no mercado imobiliário [112], no mercado de aquisições corporativas e empresariais [113, 114], entre outros.

Em quaisquer casos, a maldição do vencedor não pode ocorrer se os licitantes forem completamente racionais, de modo que a identificação de sua presença constitui uma anomalia [115]. Porém, agir racionalmente num contexto de leilões de valores comuns pode ser difícil, haja vista que, primeiramente, deve-se saber distinguir entre o valor esperado do objeto condicional à informação disponível, e o valor esperado condicionado à vitória no leilão. E, mesmo que isso ocorra, ainda assim a maldição do vencedor poderá ocorrer se o licitante subestimar a magnitude do ajuste necessário para compensar o efeito gerado pela presença de outros licitantes no certame.

A literatura econômica ressalta algumas características e propriedades desse fenômeno, sendo listados a seguir quatro que têm utilidade para presente pesquisa:

i. A maldição do vencedor é mais forte quando a estrutura da informação se enquadra no paradigma dos valores comuns puros, embora também esteja presente no quadro mais geral dos valores comuns; ela, contudo, não ocorre quando o paradigma aplicável é exclusivamente o dos valores privados [101]. Isso se deve ao fato de existirem incertezas acerca do valor do objeto em leilão, sendo que quanto maior for essa incerteza, maior será a variância das estimativas sobre o valor e, por consequência, maior também será o efeito da maldição do vencedor [107]. O enquadramento dos leilões de biodiesel como tendo uma estrutura informacional que abarca o paradigma dos valores comuns contempla a aplicação dessa propriedade;

ii. A maldição do vencedor tem sua magnitude ampliada à medida que se eleva o número de licitantes dos leilões [101, 107], o que foi confirmado pelo modelo econométrico desenvolvido no presente capítulo. Intuitivamente, essa propriedade indica que, caso exista a maldição do vencedor, a notícia de que o preço vencedor foi maior do que de outros 20 licitantes é pior do que saber que foi maior do que de apenas 10 licitantes. Os leilões de biodiesel apresentam, em todos os casos estudados, número de licitantes elevado, superior a 70 participantes;

iii. A maldição do vencedor tende a variar a depender do grau de experiência dos licitantes, no sentido de possuírem histórico de participação nos leilões [116]. Em regra, leilões com elevado número de licitantes inexperientes apresentam incidência mais forte da maldição do vencedor do que aqueles nos quais há a participação de licitantes experientes e, neste último caso, a intensidade da

anomalia variará de acordo com o número de licitantes que participam dos leilões [117]. Os leilões de biodiesel têm como característica o fato de os licitantes serem distribuidores de óleo diesel que participam dos leilões por serem obrigados a realizarem a mistura do biodiesel no óleo diesel fóssil, antes de sua comercialização, o que leva ao fato de que esses agentes são altamente experientes no mercado dos leilões, posto participarem, em regra, de dezenas de leilões bimestrais; e

iv. A maldição do vencedor possui efeito mais severo em formatos de leilões fechados, como os leilões selados de primeiro e segundo preços, do que em leilões abertos, como os leilões do tipo Inglês [101, 118]. Os leilões de biodiesel, por serem leilões do tipo Inglês, são configurados em formato que mitiga, portanto, o efeito da maldição do vencedor quando comparado com formatos fechados de leilão.

Dessa forma, em termos teóricos, para que se possa contornar ou mitigar a maldição do vencedor nos leilões nos quais exista uma incerteza quanto ao valor real do objeto e/ou nos quais exista um número elevado de licitantes, é necessário que seja realizado um desconto sobre a estimativa privada do valor do objeto e, consequentemente, se reduza o lance a ser submetido [106, 107].

No que tange à identificação da maldição do vencedor, sua existência foi confirmada através do enquadramento dos leilões de biodiesel no paradigma informacional dos valores comuns e dos valores privados afiliados (Figura 20) e de testes econométricos verificando a presença da anomalia (Equação 2 e Tabela 27). Isso traz à tona a possibilidade de (i) se medir a maldição do vencedor e de (ii) se proporem mecanismos que possam minimizar ou reduzir os efeitos dessa anomalia, com vistas a incrementar a eficiência alocativa.

Em relação à mensuração da anomalia da maldição do vencedor, WARREN *et al.* [106] e BAZERMAN e SAMUELSON [107] indicam que sua medida é a diferença entre o valor real do objeto sendo leiloado e o valor pago pelo vencedor. O desafio de se medir a maldição do vencedor, mesmo que seja difícil a definição de um equilíbrio eficiente nos leilões do tipo Inglês, multiunidades e com interdependência dos valores, reside em identificar uma *proxy* para o valor real do objeto e compará-lo com o lance vencedor.

Na dinâmica dos leilões de biodiesel, a partir de um valor inicial definido pelas ofertas dos produtores de biodiesel, ocorre, devido à dinâmica competitiva, um processo de ascensão dos preços até que se chegue a um preço final definido pelos lances vencedores dos licitantes. Esse processo de ascensão de preços, contudo, não necessariamente conduz a um equilíbrio final eficiente, haja vista que parte dessa ascensão pode ser devida a fatores como uma menor disponibilidade de biodiesel disponível para a compra, conforme detalhado no Capítulo 2, ou a ineficiências alocativas dos próprios licitantes, que compõem carteiras subótimas.

Com base em toda a informação histórica disponível sobre os leilões de biodiesel realizados entre 2013 e 2019, é possível criar um modelo de otimização de carteiras e, a a partir do preço de equilíbrio resultante desse modelo, estabelecer o valor da maldição do vencedor como a diferença entre o preço final do leilão e o valor resultante do equilíbrio obtido.

Assim, a proposta da presente pesquisa, a ser apresentada no Capítulo 4, é desenvolver esse modelo de otimização de carteiras dos licitantes que conduza a um equilíbrio mais eficiente para o leilão como um todo, de modo a permitir não apenas desenhar um conjunto de estratégias ótimas aos licitantes, como também a quantificar o valor da maldição do vencedor nos leilões de biodiesel e estimar quanto de custo adicional esse fenômeno gerou à sociedade brasileira devido à ascensão de preços nos certames.

4. Análise das estratégias dos licitantes e desenvolvimento de um modelo de otimização de carteiras

4.1. Considerações iniciais acerca das estratégias dos licitantes

Os leilões de biodiesel no Brasil visam o suprimento de biodiesel aos distribuidores de combustíveis, com vistas ao cumprimento da mistura obrigatória ao óleo diesel [119]. Por esse motivo, as partes que representam os ofertantes e os demandantes não são consumidores finais do produto leiloado, fazendo com que o leilão se caracterize como *business-to-business* (B2B), e não como leilões *business-to-consumer* (B2C).

Em linhas gerais, são três as diferenças entre ambos os formatos no que diz respeito ao comportamento dos licitantes: primeiramente, por constituírem parte da cadeia de suprimento, os agentes tendem a ter mais conhecimento e experiência sobre o processo do que se fossem consumidores finais, participando profissional e frequentemente desses leilões e conhecendo melhor, por isso, os concorrentes e os fornecedores do produto; segundo, os licitantes tendem a realizar negócio com número reduzido de agentes em mercados B2B, visto que esses mercados exigem níveis elevados de confiança comercial e cumprimento de requisitos de qualidade dos produtos transacionados [120]; terceiro, os licitantes em leilões B2B apresentam distintos níveis de restrição orçamentária [121] (a exemplo dos custos de frete para transportar o produto entre os fornecedores e as bases dos distribuidores, responsáveis pela mistura do biodiesel ao óleo diesel e localizadas mais próximas dos centros consumidores de combustíveis).

Em vista disso, as decisões dos licitantes em leilões B2B, ao buscarem arrematar o produto nos fornecedores usuais ou naqueles com maior qualidade, podem não refletir a escolha ótima em termos de menores custos e de menor exposição ao risco dos ativos escolhidos. Surgem, então, duas perguntas de pesquisa que buscam ser respondidas no presente estudo: as estratégias dos licitantes dos leilões de biodiesel constituem estratégias ótimas, em termos de mitigação dos riscos de mercado? Há outro conjunto de estratégias que poderia levar a melhores resultados aos licitantes, no que se refere à composição de uma carteira que considere esses riscos?

O modelo de otimização apresentado visa a determinar a carteira ótima do licitante a partir de uma perspectiva de média-variância, baseada no trabalho seminal de

MARKOWITZ [122]. Esse modelo proposto neste estudo leva em consideração dois fatores determinantes: em primeiro lugar, o racional adotado pelo licitante é o de arrematar, nos leilões, lotes de biodiesel com menores custos, expressos pelos preços médios de arremate; em segundo lugar, incorpora o risco embutido na volatilidade dos preços resultantes do processo concorrencial dos leilões. A construção do modelo visa, portanto, a selecionar a carteira ótima considerando o *tradeoff* entre custo e risco do preço aos licitantes. A metodologia proposta traz como contribuição não apenas a possibilidade de determinar a carteira ótima do licitante, mas principalmente de quantificar o risco referente à volatilidade do preço na decisão de compra.

A medição dos riscos operacionais e de mercado inerentes ao processo dos leilões de biodiesel no Brasil afetam as decisões tomadas pelos distribuidores durante os certames, tornando relevantes a quantificação desses riscos e a identificação de um modelo que os considere, visando a uma tomada de decisão mais eficiente. Desse modo, a viabilização de um modelo quantitativo voltado para a identificação e medição desses riscos permitiria verificar se a alocação das compras de biodiesel pelos distribuidores, dentre as distintas usinas fornecedoras, é eficiente em termos de minimização de seus riscos.

É importante observar que os distribuidores só poderão comercializar óleo diesel se tiverem biodiesel suficiente para garantir a taxa de mistura obrigatória. Devido a esse requisito legal, é necessário que cada distribuidor compre, no leilão, volume de biodiesel para atender à sua previsão de demanda de óleo diesel para os dois meses seguintes. Nesse processo, a decisão sobre qual quantidade comprar de qual ofertante, e a que preço, baseia-se, principalmente, fatores de incerteza derivados de riscos inerentes ao mercado de biodiesel e de riscos operacionais do próprio leilão.

O risco pode ser definido como a probabilidade de um evento indesejável ocorrer, gerando consequências desfavoráveis como, por exemplo, uma receita abaixo da expectativa ou um preço pago acima do planejado. A gestão do risco é o processo de identificar, quantificar, avaliar e controlar os riscos de uma decisão, visando ao duplo objetivo de minimizar as perdas e de aproveitar as oportunidades oriundas da incerteza para gerar uma vantagem competitiva. Todas as empresas, ao atuarem num ambiente competitivo, enfrentam riscos que podem ser classificados como riscos de negócio, riscos estratégicos, riscos operacionais e riscos de mercado [123]. O presente estudo dedica-se ao contexto desses dois últimos tipos e no modo como impactam na dinâmica competitiva durante os leilões e nas escolhas dos licitantes em termos de determinação do valores e

destinatários dos lances, assim como seus reflexos sobre a volatilidade dos preços do biodiesel.

Além da contribuição metodológica, mencionam-se, também, outras duas contribuições em relação ao tema. A primeira é o fato de existir uma lacuna na literatura acerca do estudo dos leilões de biodiesel no Brasil, haja vista que estes foram pouco estudados à luz da teoria econômica, diferentemente de outros processos de leilão, como os de eletricidade e de petróleo. Embora existam estudos sobre biodiesel no Brasil, eles se concentram em outros assuntos, e não, por exemplo, na avaliação de processos de otimização das escolhas dos licitantes. Portanto, este capítulo também visa a preencher essa lacuna.

A segunda refere-se ao fato o governo brasileiro ter realizado, até 2021, estudos com vistas à melhoria do processo de comercialização de biodiesel no país. Nesse sentido, as conclusões desta pesquisa trazem elementos para fornecer embasamento e argumentos técnicos para estudos adicionais sobre o PNPB, bem como para influenciar a formulação de políticas públicas e de regulação sobre setores para os quais o suprimento do produto se dê (ou venha a se dar) através de leilões públicos; serve, assim, de um consolidado de lições aprendidas com a experiência dos leilões no segmento de biodiesel.

4.2. Metodologia

A metodologia proposta consiste em analisar a base de dados dos lances vencedores realizados entre os 28° e 69° leilões de biodiesel, ocorridos no período entre janeiro de 2013 e dezembro de 2019, para avaliar o desempenho das estratégias dos licitantes e propor estratégias ótimas para composição de suas carteiras através a minimização dos riscos e dos custos. Para realizar essa comparação, o estudo propõe a realização de três procedimentos.

O primeiro busca identificar, a partir da base de dados, uma taxonomia para estudar o comportamento dos licitantes. O objetivo desse procedimento visa à classificação dos distribuidores de acordo com o tamanho de sua demanda e o perfil de sua atuação nos âmbitos regional e nacional e à definição do período a ser considerado para a execução do modelo, de modo a conter um conjunto de leilões nos quais o universo de agentes da base de dados participe do maior número possível de certames.

O segundo procedimento consiste em, a partir dos dados históricos de lances vencedores, obter a série de preços médios de arremate desses licitantes. A partir dessas

informações, propõe-se um método para determinar a volatilidade dos lances para viabilizar a construção de um modelo de contabiliza o risco nas decisões dos licitantes, a partir de um esquema de otimização baseado num modelo de programação não linear biobjetivo.

O terceiro procedimento baseia-se na construção da fronteira eficiente dos ativos, tendo como referência os resultados obtidos na etapa anterior.

4.2.1. Taxonomia dos licitantes

Inicialmente é realizada uma investigação sobre a base de dados é o estudo das diferenças estruturais entre as estratégias dos licitantes. Um dos desafios para se compreender o racional dos lances dos distribuidores nos leilões de biodiesel é indicar corretamente o mercado de atuação desses agentes em relação à venda de óleo diesel aos consumidores finais, especialmente por meio da identificação das áreas de destino, e comparar esse perfil com os locais de origem do biodiesel historicamente arrematados nos leilões por esses licitantes.

A relevância dessa análise reside em três fatos. Primeiro, o conhecimento acerca das unidades federadas e das regiões para as quais é vendido o óleo diesel pelo distribuidor determina, em tese, sua preferência pela compra de biodiesel, em leilão, proveniente de usinas produtoras localizadas na mesma região. Segundo, como os leilões de biodiesel apresentam preços máximos de referência, determinados pela ANP, com diferenciação regional, a localização da região de uma usina influencia o preço inicial de oferta a partir do qual os licitantes poderão dar lances, impactando potencialmente no componente de custos dos distribuidores. Terceiro, licitantes que possuem atuação nacional têm, a princípio, mais flexibilidade na alocação dos volumes a serem arrematados entre as diferentes usinas das distintas regiões, quando comparados a distribuidores que possuem atuação local ou regional.

Devido a esses motivos, o primeiro passo do presente estudo consiste na identificação do perfil de atuação dos distribuidores, de modo a analisar, o impacto da localização das usinas sobre a dinâmica competitiva e sobre a alocação dos ativos nas carteiras dos licitantes. Essa investigação logística que correlaciona a origem e o destino do produto permite, por um lado, identificar a coerência das estratégias dos licitantes em arrematar produtos próximos a sua área de atuação, e, por outro lado, segregar esses licitantes em

clusters distintos, com o objetivo de obter a composição das carteiras de ativos para cada um deles.

4.2.2. Modelo de otimização baseado na média-variância para identificação de carteiras eficientes

O modelo de otimização de carteira escolhido é baseado na média-variância dos valores médios dos lances vencedores, identificados para cada um dos ativos do portfólio. Essa proposta metodológica visa a decidir, de forma eficiente, o volume de biodiesel a ser alocado pelos licitantes em cada uma das usinas ofertantes que participam dos leilões, de modo a atender ao duplo objetivo de minimizar o preço médio de arremate e de minimizar o risco de perdas representado pela volatilidade desses preços. Assim, o modelo apresentado busca determinar uma relação de equilíbrio entre preço e risco na formação da carteira do distribuidor de combustíveis.

Como premissa para que seja possível a construção do modelo está a caracterização dos leilões de biodiesel, em relação ao objeto que é vendido, como leilões do tipo multiunidades. Isso significa que, embora o biodiesel seja um bem homogêneo, os licitantes podem arrematar volumes desse combustível em qualquer das usinas ofertantes e em qualquer quantidade desejada. Esse fracionamento da possibilidade de compra pelos distribuidores implica, na prática, que os licitantes têm a possibilidade de compor sua carteira de ativos com qualquer combinação quantitativa para suprir sua demanda.

Previamente à construção do modelo, são apresentadas as seguintes definições conceituais e equações a respeito do objeto, dos participantes e da estrutura de regras do leilão (D1 a D9):

(D1) Licitante → distribuidor de combustíveis que comercializa óleo diesel no Brasil e que participa dos leilões de biodiesel para atender à obrigatoriedade de mistura obrigatória de biodiesel no óleo diesel. O licitante realiza, durante o leilão, lances com vistas a arrematar lotes de biodiesel, provenientes de usinas de biodiesel que ofertaram o produto.

(D2) Ofertante → usina produtora de biodiesel habilitada pela ANP a participar do leilão e que oferta, para ser licitado, determinado número de lotes de biodiesel. Cada usina pode ofertar, nos leilões, no máximo, o valor de sua capacidade de produção autorizada pela ANP, medida em metros cúbicos por leilão.

(D3) Demanda total do licitante (*DT*) → volume total de biodiesel arrematado em leilão pelo licitante, mensurado em metros cúbicos.

(D4) Lote → volume de biodiesel possível de ser arrematado pelo licitante. O lote padrão mínimo é equivalente a 1 (um) metro cúbico. Esse valor permite que os licitantes possam distribuir livremente seus lances dentre as usinas ofertantes disponíveis, com vistas a formar sua carteira de ativos.

(D5) Carteira → conjunto representado pelos ativos arrematados pelos licitantes, com seus respectivos pesos em relação ao volume total de biodiesel arrematado.

(D6) Ativo da carteira (*i*) → usina de biodiesel participante dos leilões de biodiesel e que compõe a carteira dos licitantes, os quais dão lances sobre os lotes de produto ofertados pelas usinas. Assim, considerando que *n* usinas ofertam em determinado leilão, tem-se que *i* = 1, 2, ..., *n*.

(D7) Preço médio de arremate (μ_i) → preço médio de arremate do biodiesel pelos distribuidores, por usina. Representa o custo médio do lote do biodiesel ao licitante, por usina, medido em US$/m³ (dólares por metro cúbico). A partir deste dado se pode calcular os valores do desvio padrão e da variância dos preços médios de arremate de cada ativo (usina de biodiesel).

(D8) Peso do ativo *i* na carteira (w_i) → representa o percentual de biodiesel, em relação ao volume total de biodiesel arrematado nos leilões, proveniente do Ativo *i*; ou seja, o peso do biodiesel de cada usina de biodiesel no volume total arrematado pelo licitante. No modelo, o conjunto dos pesos dos ativos na carteira compõem um vetor w_i. Por consequência do conceito, a soma dos pesos dos ativos de uma carteira deve totalizar, necessariamente, o valor de 100%. Essas definições são expressas nas Equações 3 e 4.

$$w = [w_1 \quad w_2 \quad \dots \quad w_n]^T \qquad \textit{(Equação 3)}$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1 \qquad \textit{(Equação 4)}$$

(D9) Demanda pelo ativo *i* (d_i) → representa o volume de biodiesel adquirido pelo licitante para o ativo *i*. O valor da demanda pelo ativo é calculado pelo produto entre a demanda total do licitante e o peso do ativo *i* na carteira, conforme Equação 5.

$$d_i = DT * w_i \qquad \textit{(Equação 5)}$$

Levando em consideração que, nos leilões, os ofertantes são usinas produtoras de biodiesel têm uma capacidade de produção e apresentam diferentes tamanhos, esse é um fator determinante do quanto o ofertante é capaz de suprir determinada demanda pelo produto. Nesse sentido, a capacidade autorizada pela ANP, denominada no modelo por C_i^{Max}, representa volume máximo de biodiesel passível de ser ofertado pelas usinas produtoras *i* em cada leilão e indica o limite à alocação do ativo na carteira. Embora não seja uma restrição do modelo de otimização, cada licitante poderá realizar avaliação *ex post* acerca da viabilidade de alocação em determinado ativo de sua carteira, em termos volumétricos, a partir de sua demanda individual de biodiesel no leilão e da capacidade autorizada de produção de cada usina, conforme Equação 6.

$$w_i * d_i \leq C_i^{Max} \qquad \textit{(Equação 6)}$$

Uma vez definidos os principais conceitos relacionados à estrutura de regras do leilão de biodiesel, é mister organizar a modelagem quanto aos seus objetivos. O licitante que participa dos leilões busca, simultaneamente, minimizar o dispêndio, representado pelo custo do biodiesel arrematado, e o risco da carteira, representado pela volatilidade dos preços dos ativos. As definições das variáveis do modelo ligadas ao custo e ao risco são expressas a seguir (D10 a D12).

(D10) Custo unitário da carteira → valor do custo do biodiesel, expresso em dólares por metro cúbico (US$/m³), calculado como a soma dos preços médios de arremate ponderados pelos pesos dos ativos na carteira, conforme a Equação 7.

$$C = \sum_{i=1}^{n} w_i * \mu_i \qquad \textit{(Equação 7)}$$

(D11) Risco da carteira (σ_C^2) → valor representativo da volatilidade da carteira e obtido pela matriz de variância-covariância dos ativos, ponderada pelo percentual w_i destinado a cada ativo, em proposição inspirada no trabalho de Markowitz que resulta em uma função não linear. Seja σ_i^2 a variância do ativo *i*, ou seja, $\sigma_i^2 = \sigma_{ii}$, e seja σ_{ij} a covariância dos preços médios de arremate do ativo *i* e do ativo *j*, com $i \neq j$, o risco da carteira a variância da carteira σ_C^2 é descrito pelas Equações 8 e 9.

$$\sigma_C^2 = [w_1 \quad w_2 \quad \dots \quad w_n] . \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \dots & \sigma_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \cdots & \sigma_n^2 \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \qquad \textit{(Equação 8)}$$

$$\sigma_C^2 = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} w_i w_j \sigma_{ij} \qquad \textit{(Equação 9)}$$

Utilizando como referência o racional do modelo de Markowitz [17] e tendo em conta as definições e equações supramencionadas, apresenta-se a formulação matemática do modelo de programação não linear biobjetivo, descrito a seguir.

Minimizar o Risco → $Min\ \sigma_C^2 = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} w_i w_j \sigma_{ij}$

Minimizar o Custo → $Min\ C = \sum_{i=1}^{n} w_i \mu_i$

sujeito a: $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$

$w_i \geq 0, tal\ que: i = 1, 2, \dots, n$

Com vistas a simplificar a execução do modelo, utiliza-se o método ε-restrição para manter apenas uma função objetivo e transformar a outra em uma nova restrição, de modo que o valor de ε representa o valor do custo da carteira, requerido pelo licitante de acordo com sua aversão ao risco, para uma composição ótima da carteira. O modelo, portanto, resulta na especificação determinada a seguir.

Minimizar o Risco → $Min\ \sigma_C^2 = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} w_i w_j \sigma_{ij}$

sujeito a: $\sum_{i=1}^{n} w_i * \mu_i \leq \varepsilon$

$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$

$w_i \geq 0, tal\ que: i = 1, 2, \dots, n$

4.2.3. Fronteira eficiente das carteiras

A execução do modelo proposto na seção 4.2.3 permite simular, através de vários cenários obtidos, os diferentes preços médios de arremate correspondentes a um nível de risco que conduz a uma composição ótima da carteira. A partir dessas simulações, é possível compor, num gráfico que correlaciona o custo e o risco, a fronteira eficiente da carteira, que permitirá avaliar o desempenho das carteiras subótimas dos licitantes dos leilões de biodiesel.

4.3. Base de dados

Para a implementação do modelo proposto utilizou-se o banco de dados da ANP e do sistema Petronect sobre os leilões de biodiesel, constituídos pelos lances vencedores dos licitantes, contendo informações sobre volume, preço e usina ofertante. O período coberto pelos dados varia de 2013 a 2019, cobrindo 42 leilões, compreendidos entre o 28º

e o 69º certames. É um extenso conjunto de informações que compreende 11.251 lances vencedores, os quais são medidos em dólares por metro cúbico (US$/m³). A Tabela 28 apresenta um sumário das principais informações contidas na base de dados.

Tabela 28. Dados agregados sobre os leilões de biodiesel entre 2013 e 2019.

Ano	Leilão	Teor de Biodiesel (%)	Número de usinas ofertantes (ativos)	Número de licitantes	Número de lances vencedores	Oferta de biodiesel (m³)	Demanda de biodiesel (m³)
2013	L28	5%	34	87	246	651.473	496.308
	L29	5%	31	86	232	716.500	517.357
	L30	5%	33	88	231	750.253	488.532
	L31	5%	34	90	246	765.770	515.443
	L32	5%	30	90	233	770.240	524.836
	L33	5%	36	89	259	739.400	521.546
2014	L34	5%	30	86	248	588.700	485.636
	L35	5%	31	90	254	699.278	549.666
	L36	5%	30	82	218	735.227	463.870
	L37	6%	33	90	251	814.987	638.455
	L38	6%	34	90	269	737.040	625.732
	L39	7%	33	84	263	702.220	645.230
2015	L40	7%	33	88	271	764.560	667.876
	L41	7%	31	75	242	810.980	699.354
	L42	7%	32	89	270	824.680	671.288
	L43	7%	32	85	261	824.967	661.545
	L44	7%	30	86	267	850.727	696.852
	L45	7%	33	84	275	827.787	657.752
2016	L46	7%	31	84	261	729.777	580.597
	L47	7%	30	83	263	837.500	639.567
	L48	7%	30	85	248	815.480	643.216
	L49	7%	27	82	244	789.971	645.307
	L50	7%	29	81	258	757.180	674.106
	L51	7%	26	81	234	697.927	636.267
2017	L52	7%	28	82	241	765.927	545.777

	L53	8%	29	82	235	875.007	620.284
	L54	8%	28	84	266	872.380	733.455
	L55	8%	30	85	270	856.897	760.254
	L56	8%	30	86	267	878.377	796.002
	L57	8%	30	82	281	862.710	759.590
2018	L58	8%	31	87	271	870.602	713.331
	L59	10%	33	80	280	1.013.227	903.225
	L60	10%	33	86	274	1.033.422	927.693
	L61	10%	35	90	306	1.040.120	1.008.019
	L62	10%	34	90	298	1.093.310	992.574
	L63	10%	33	88	306	1.029.600	964.356
2019	L64	10%	35	90	308	1.049.580	914.196
	L65	10%	37	92	314	1.124.100	976.287
	L66	10%	36	87	313	1.092.860	927.372
	L67	10%	37	87	316	1.123.570	983.543
	L68	11%	37	89	333	1.140.900	1.138.427
	L69	11%	36	88	328	1.145.800	1.061.211

A partir das informações contidas na Tabela 28, podem-se observar quatro características principais dos dados. A primeira é o fato de a base de dados cobrir extenso período, de janeiro de 2013 a dezembro de 2019, com as vantagens de, nesses sete anos, ter havido relativa estabilidade estrutural das regras dos leilões de biodiesel, como mencionado no Capítulo 2, e de cobrir a maior parte do processo de expansão dos mandatos de mistura obrigatória, que saltou de 5% para 11% ao longo da série. A segunda é a relativa estabilidade no número de ofertantes e licitantes que participam dos leilões: em cada leilão, individualmente, o número de ofertantes oscila entre 26 e 37, e o número de licitantes entre 75 e 92. Porém, ao longo do período, ocorreram situações pontuais nas quais houve distribuidores e usinas que fizeram parte dos leilões somente por determinado intervalo de tempo, não estando presentes na maioria dos certames realizados. De todo modo, a relativa estabilidade no número de agentes indica potencial contribuição dos dados para se avaliar as estratégias dos agentes ao longo da série histórica.

A terceira refere-se à abrangência das informações: a base de dados contempla um total de 11.251 lances vencedores, o que contribui para a robustez das análises a serem

realizadas quanto aos valores esperados dos preços de arremate e às estimativas do risco, medida pela volatilidade desses preços. A quarta característica, por fim, reside na baixa variação do número de lances vencedores de cada leilão; por um lado, isso deriva da relativa estabilidade no número de agentes ofertantes e licitantes, e, por outro lado, indica que, ao longo do processo de aumento dos percentuais de mistura obrigatória, a tendência foi que os agentes participantes aumentassem os volumes referentes às suas demandas individuais em relação às usinas normalmente tidas como de suas preferências. Essa avaliação indica que o processo de aumento da mistura obrigatória não tendeu a gerar significativa entrada de mais distribuidores nos leilões, nem a diversificação de suas compras entre os distintos ofertantes.

A base de dados, por contemplar um horizonte temporal de sete anos e por abranger 42 leilões, requereu alguns ajustes para viabilizar a análise empírica do modelo proposto. Assim, com vistas a implementar a otimização baseada na média-variância para identificação de carteiras eficientes dos licitantes, optamos, por dois motivos, por selecionar o período referente aos dois últimos anos da série histórica.

O primeiro motivo reside no fato de que, num período tão extenso, existiram tanto ofertantes quanto licitantes que participaram em certo conjunto de leilões, mas não em outro. Essa variabilidade tem caráter tanto permanente, como no caso de novos agentes que entraram no mercado durante o período considerado, ou temporário, quando os agentes participam de modo irregular. Essa inconstância ocasiona duas potenciais dificuldades à análise. Em relação aos licitantes, a não existência de um conjunto de distribuidores que participa na maioria dos leilões pode distorcer a interpretação acerca dos comportamentos reiterados que buscamos avaliar por meio dos lances. Já em relação aos ofertantes, a existência de usinas que participam em apenas alguns leilões pode impedir a construção da matriz de variância-covariância dos ativos; isso ocorre porque, para que a aplicação do modelo aos dados retorne um valor válido para essa matriz, é necessário que duas usinas tenham participado, concomitantemente, de pelo menos um leilão.

O segundo motivo deriva dos níveis das demandas dos licitantes e dos preços finais de arremate obtidos nos leilões. Os valores das demandas individuais dos licitantes mudaram consideravelmente entre o primeiro (L28) e o último (L69) leilão da série, bastando observar, por exemplo, conforme a Tabela 28, que a demanda total do L28 foi

de 496.308 metros cúbicos, ao passo que a do L69 foi de 1.061.211 metros cúbicos, ou seja, um aumento de cerca de 114% em sete anos.

Quatro observações são necessárias. Em primeiro lugar, foi necessário suprimir da análise os volumes de biodiesel provenientes das usinas "Granol - Cachoeira do Sul" e "Prisma - Sumaré", haja vista que foram desconsideradas do modelo de otimização por não ter sido possível, para esses produtores, calcular as covariâncias dos lances vencedores entre essas usinas. Em segundo lugar, foi calculado, para o biênio em questão, a demanda média dos distribuidores por meio da razão entre a demanda total e o número de leilões em que participaram no período. Em terceiro lugar, a cesta de usinas que compuseram a carteira de cada distribuidor foi composta a partir do conjunto de usinas de todo o período do biênio, em vez de refletir um leilão em específico, de modo a incorporar à análise o conjunto de usinas tidas por cada distribuidor como opções logística e economicamente viáveis. Por fim, foram desconsideradas as usinas que não detêm o selo combustível social devido ao fato de esses ofertantes apenas terem seu produto arrematado no dia seguinte ao dia inicial de negociações.

Assim, circunscrevendo a análise a esse período, ao mesmo tempo em que se manteve um conjunto de dados abrangente, referente a doze leilões de biodiesel, também se garantiu que se tivesse praticamente o mesmo conjunto de distribuidores e de usinas participando do processo competitivo nesses leilões, conforme se evidencia na Tabela 29.

Tabela 29. Participações dos ofertantes e dos licitantes nos leilões de biodiesel em 2018 e 2019.

Participação	**Ofertantes (usinas de biodiesel)**		**Licitantes (distribuidores)**	
(número de leilões)	**Número de ofertantes**	**Participação no biodiesel arrematado**	**Número de licitantes**	**Participação no biodiesel arrematado**
1 – 6	-	-	9	0,24%
7 – 8	-	-	6	0,33%
9 – 10	2	2,14%	7	0,59%
11	5	6,69%	9	0,59%
12	28	91,17%	66	98,25%
Total	**35**	**100%**	**97**	**100%**

A Tabela 29 mostra que, para o período selecionado e considerando os doze leilões nele realizados, houve 35 usinas de biodiesel que atuaram como ofertantes e 97 distribuidores como licitantes. Pelo lado da oferta, todas as usinas estiveram presentes em

mais do que 9 leilões, sendo que 28 delas participaram de todos os certames e representaram 91,17% de todo o volume comercializado. Pelo lado da demanda, observa-se que 98,25% do volume arrematado se refere a 66 licitantes que participaram de todos os leilões. Os valores da Tabela 29 evidenciam que a maioria dos agentes, nos anos de 2018 e 2019, estiveram presentes em todos os leilões.

4.4. Resultados e discussões

Com base nas informações dos lances vencedores dos 97 distribuidores direcionados às 35 usinas de biodiesel, ao longo do período mencionado, foi executado o modelo de otimização conforme metodologia proposta. Nas três subseções seguintes são apresentados e debatidos os seguintes resultados: (i) a taxonomia dos licitantes e dos ofertantes; (ii) a execução do modelo de otimização baseado na média-variância para identificação de carteiras eficientes, conforme taxonomia definida na seção anterior; e (iii) a definição da fronteira eficiente e a sua comparação com o desempenho dos licitantes.

4.4.1. Taxonomia dos ofertantes e dos licitantes

Esta seção tem o objetivo de realizar a identificação, descrição e classificação dos participantes dos leilões de biodiesel, ou seja, tanto os ofertantes quanto os licitantes, individualmente e em grupamentos propostos, com vistas a facilitar a execução do modelo de otimização de carteiras, a construção da fronteira eficiente e a interpretação dos resultados de ambos. Para isso, serão apresentadas informações e propostas de agrupamentos das usinas e dos distribuidores separadamente para, em seguida, correlacionar suas participações nos leilões por meio da inter-relação entre os respectivos grupos dos agentes.

No que tange aos distribuidores, o primeiro passo para definir uma taxonomia adequada para os licitantes é a compreensão de seus perfis de demanda média por leilão. Esses perfis servem a dois objetivos: primeiro, determinar valores representativos de demanda, a serem utilizados para a obtenção de carteiras eficientes para cada grupo; segundo, permitir a criação, a partir das demandas representativas previamente analisadas, de faixas de demanda nas quais serão reunidos os licitantes para a elaboração e análise das posições desses agentes em relação à fronteira eficiente.

Conforme já mencionado, atuaram no biênio entre 2018 e 2019 um total de 97 licitantes, de distintos tamanhos e atuações no mercado de biodiesel. Esses dados são apresentados na Tabela 30.

Tabela 30. Taxonomia dos distribuidores por faixas de demanda nos leilões entre 2018-2019.

Faixa de demanda média do licitante (m³)	Número de licitantes	Participação no biodiesel leiloado	Demanda representativa por leilão (m³)
1 - 750	40	1,74%	500
751 - 2.500	23	3,87%	1K
2.501 - 7.500	23	9,96%	5K
7.501 - 12.500	4	3,97%	10K
12.501 - 17.500	1	1,32%	15K
17.501 - 22.500	2	4,11%	20K
22.501 - 27.500	0	0,00%	25K
27.501 - 32.500	1	2,90%	30K
⋮	⋮	⋮	⋮
150.000 - 250.000	2	42,38%	200K
250.000 - 350.000	1	29,76%	300K
Total	**97**	**100%**	

A Tabela 30 deixa clara a organização do mercado pelo lado da demanda. Por um lado, a maioria dos agentes tem participação reduzida em relação à demanda total de biodiesel arrematada nos leilões, sendo representativa de distribuidores com atuação restrita a mercados locais ou regionais. De fato, dentre os 97 licitantes, um total de 86 tem demanda média individual de até 7,5 mil metros cúbicos, fazendo com que 88,6% dos agentes adquiram apenas 15,6% do biodiesel comercializado nos leilões. Por outro lado, uma pequena parcela dos licitantes, representada pelos demais 11 distribuidores com demanda acima de 7,5 mil metros cúbicos, detém 84,4% de participação. Neste grupo, é possível distinguir um primeiro conjunto de sete distribuidores com demanda média entre 7,5 e 22,5 mil metros cúbicos, em geral com atuação em uma ou algumas regiões, e outro composto por distribuidores de atuação nacional, sendo um com demanda na faixa entre 27,5 e 32,5 mil metros cúbicos, e três com demanda muito superior a este patamar. Em linhas gerais, estes três últimos licitantes detêm, conjuntamente, 72,1% do biodiesel arrematado nos leilões.

Esclarecidos esses pontos, passa-se à análise dos grupamentos dos licitantes de acordo com suas demandas representativas, conforme especificado na última coluna da

Tabela 30. Como simplificação, para cada faixa de demanda média dos distribuidores nos leilões foi definida uma demanda que pudesse representar o conjunto desses agentes. Ao longo dos leilões, esses licitantes formam suas carteiras de usinas a partir das quais arrematam o biodiesel que necessitam para atender ao mercado onde atuam. O papel da demanda representativa, desse modo, é o de viabilizar o modelo de otimização, o qual é executado para definir as carteiras eficientes de determinados valores de demanda dos distribuidores no leilão.

Uma vez obtidas as carteiras eficientes, seria possível, a cada licitante, compará-las com suas carteiras reais e concluir acerca de ineficiências alocativas em relação ao modelo proposto. Em contrapartida, para ilustrar as diferenças entre as carteiras, mostraremos suas composições estratificadas por regiões onde se localizam as usinas de biodiesel, de modo a evidenciar as divergências alocativas.

Por fim, faz-se uma última observação quanto à taxonomia dos distribuidores. A partir das demandas representativas identificadas na Tabela 30 e levando em consideração a distribuição quantitativa dos distribuidores em relação à dimensão dos mercados em que atuam, definimos cinco faixas de demanda, com vistas a agrupar os licitantes e facilitar a interpretação dos resultados conforme sua participação no mercado. Essas faixas servirão, em especial, para caracterizar a diversificação das carteiras dos licitantes e para a comparação do desempenho desses grupos em relação à fronteira eficiente. Essas faixas de demanda são: (i) $D < 1.000$; (ii) $1.000 \leq D < 5.000$; (iii) $5.000 \leq D < 10.000$; (iv) $10.000 \leq D < 30.000$; e (v) $D \geq 30.000$.

No que se refere aos ofertantes, são consideradas, como já descrito, 35 usinas de biodiesel que participaram nos leilões ocorridos em 2018 e 2019. Como as usinas são os próprios ativos que compõem as carteiras dos licitantes e como o modelo é baseado na média-variância dos lances, a compreensão do perfil desses agentes torna-se relevante para a adequada interpretação dos resultados. A Tabela 31 traz três conjuntos de dados: primeiro, a localização e o volume médio vendido por usina, de modo a identificar suas localizações e participações no mercado; segundo, o número de leilões nos quais participaram no período e o número de licitantes que delas adquiriram biodiesel; terceiro, os preços médios de arremate do biodiesel dessas usinas (expressos em dólares americanos, convertidos a partir da cotação em reais brasileiros ao câmbio de 31/12/2019), assim como variância desses preços, aspectos fundamentais ao modelo.

Tabela 31. Taxonomia dos ofertantes nos leilões entre 2018-2019.

Usina de Biodiesel	Região	Volume médio vendido por leilão (m³)	Número de Leilões	Número de Licitantes	Lance vencedor médio (US$/m³)	Risco (Variância)
ADM - Rondonópolis	Centro-oeste	50.433	12	21	566	97.620
Cofco - Rondonópolis	Centro-oeste	39.829	12	20	574	94.934
Granol - Anápolis	Centro-oeste	36.528	12	30	589	112.318
Cargill - Três Lagoas	Centro-oeste	25.920	12	23	576	100.467
Caramuru - Ipameri	Centro-oeste	21.544	12	20	590	104.257
Caramuru - São Simão	Centro-oeste	19.889	12	21	583	102.532
Bunge - Nova Mutum	Centro-oeste	21.002	11	13	560	108.949
Binatural - Formosa	Centro-oeste	18.477	12	20	596	105.064
Biocamp - CampoVerde	Centro-oeste	15.556	12	10	571	97.751
Delta - Rio Brilhante	Centro-oeste	13.173	12	17	568	93.348
Caramuru - Sorriso	Centro-oeste	12.396	12	8	634	64.349
Fiagril - Lucas Rio Verde	Centro-oeste	6.090	12	13	566	108.104
Biopar - Marilândia	Centro-oeste	5.631	10	11	554	105.222
Minerva - Palmeiras Goiás	Centro-oeste	2.119	11	13	584	111.495
Caibiense - Rondonópolis	Centro-oeste	1.896	12	19	582	91.537
Bio Óleo - Cuiabá	Centro-oeste	185	11	9	588	103.089
PBio - Candeias	Nordeste	28.052	12	16	637	94.820
Oleoplan - Iraquara	Nordeste	26.220	12	18	625	92.366
Granol - Porto Nacional	Norte	11.655	11	8	607	126.743
PBio - Montes Claros	Sudeste	20.986	12	18	610	98.108
JBS - Lins	Sudeste	16.804	12	28	583	97.134
Olfar - Porto Real	Sudeste	12.210	11	15	632	73.827
Brejeiro - Orlândia	Sudeste	5.880	12	25	605	101.220
Cesbra - Volta Redonda	Sudeste	2.851	12	8	619	86.727
Oleoplan - Veranópolis	Sul	41.429	12	19	556	88.180
BSBios - Passo Fundo	Sul	41.373	12	14	559	90.695
Potencial - Lapa	Sul	39.060	12	34	572	93.332
Biachini - Canoas	Sul	38.527	12	21	559	96.569
BSBios - Marialva	Sul	34.864	12	28	569	91.751
Olfar - Erechim	Sul	26.840	12	18	559	95.153
Três Tentos - Ijuí	Sul	18.907	12	15	588	84.194
Biofuga - Camargo	Sul	15.589	12	9	569	88.920
ADM - Joaçaba	Sul	15.270	12	13	579	96.445
Bocchi - Muitos Capões	Sul	8.642	12	8	586	85.733
Camera - Ijuí	Sul	9.469	9	6	537	151.544

A Tabela 31 traz informações relevantes sobre a oferta de biodiesel nos leilões promovidos pela ANP. Em primeiro lugar, nas três primeiras colunas, é possível identificar cada uma das 35 usinas de biodiesel, as regiões onde estão localizadas e os volumes médios vendidos nos leilões, no período considerado. Essas informações indicam a preponderância das regiões Centro-Oeste e Sul na oferta de biodiesel, em

detrimento das demais regiões, o que é verificado não apenas pelo número de ofertantes como também no volume de biodiesel atendido pelos mesmos.

Em segundo lugar, na quarta e quinta colunas da tabela são apresentados o número de leilões nos quais cada ofertante participou e o número de distribuidores que compraram biodiesel dessas usinas, dentre os 97 licitantes considerados, durante o período em análise. Como se percebe, maioria dos ofertantes participou de todos os leilões e o número de distribuidores que compraram de cada usina variou de um mínimo de 6, para o caso da "Camera - Ijuí" até um máximo de 34, para o da "Potencial Lapa", sendo a média do período de cerca de 17 distribuidores por usina. Faz-se a ressalva de que esse valor considera o conjunto de todos os leilões. Em terceiro lugar, por fim, são detalhadas as informações dos preços médios de arremate das usinas e os valores do desvio padrão e variância desses preços. Os dados dos preços médios e das variâncias representam as informações utilizadas no modelo de otimização para mensuração do custo e do risco das carteiras, respectivamente. Cabe destacar também que o ativo de risco mínimo é representado pela usina de menor variância dos preços, indicado na Tabela 31 pela usina "Caramuru - Sorriso", cuja variância é 64.349.

Conhecidas as taxonomias dos licitantes e dos ofertantes, assim como os valores de custo médio do biodiesel e a variância dos seus preços para cada usina, resta concluir essa seção com uma última informação sobre o perfil de diversificação das carteiras dos licitantes. No parágrafo anterior, indicamos o número médio de distribuidores que costuma comprar em cada usina; neste ponto da análise, apresentamos o inverso: o número médio de usinas que compõem as carteiras de cada distribuidor, estratificando a informação por região e por clusters de demanda dos licitantes. Esse resultado é sintetizado na Figura 21.

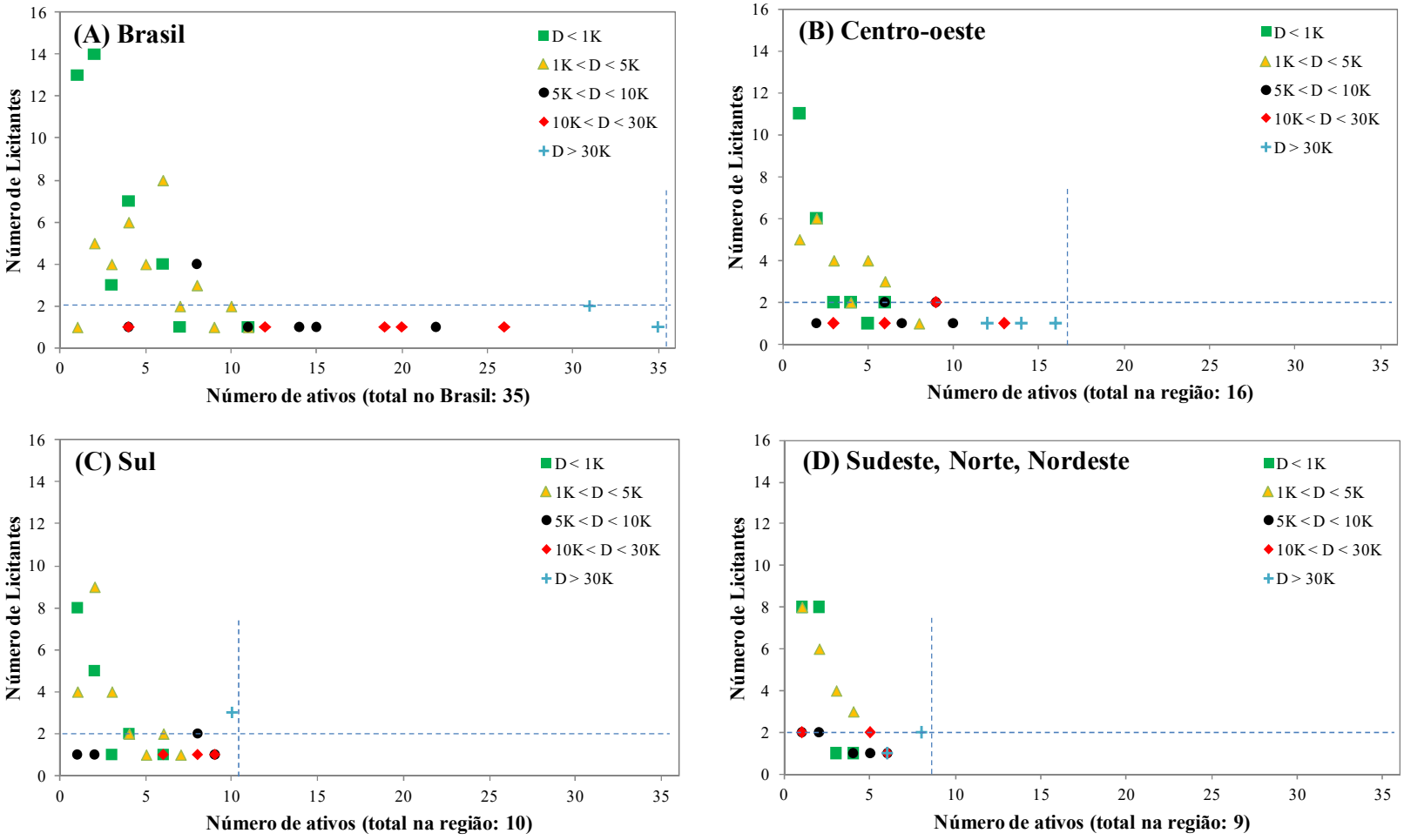


Figura 21. Diversificação regional e quantitativa das carteiras dos licitantes.

A Figura 21 é subdividida em quatro gráficos, sendo (A) referente ao conjunto de todos os licitantes que atuam no Brasil e (B), (C) e (D) ao conjunto restrito às regiões indicadas. Em cada gráfico, os pontos representam individualmente cada licitante identificado pela dimensão de sua demanda, conforme legenda indicada no canto superior direito. No eixo vertical está indicado o número de licitantes e no horizontal o número de usinas ofertantes, levando às seguintes interpretações: primeiro, quanto mais à direita estiverem os pontos no gráfico, maior é quantidade de usinas que o licitante tem em sua carteira, significando maior diversificação dos ativos; segundo, quanto mais acima estiverem os pontos, maior é o número de licitantes que têm sua carteira com composição quanto a determinada quantidade de ativos.

Foram inseridas duas linhas tracejadas em cada gráfico. A linha tracejada horizontal permite dividir a interpretação em duas partes: pontos abaixo da linha indicam que há apenas um licitante, de determinada faixa de demanda, cuja carteira tem o número de ativos indicado no eixo horizontal; pontos sobre a linha ou acima indicam que há uma pluralidade de licitantes com a mesma configuração de carteira em termos do número de ativos que a compõem. A linha vertical sinaliza o número máximo de usinas ofertantes, que é de 35 usinas no Brasil conforme gráfico (A), de 16 na região Centro-Oeste (B), de 10 na região Sul (C) e de 9 nas regiões Sudeste, Norte e Nordeste conjuntamente (D). Essa linha representa o limite de diversificação da carteira em cada caso.

Os resultados sinalizam conclusões relevantes. Em primeiro lugar, existe uma relação inversa entre diversificação das carteiras e o número de licitantes, ou seja, quanto mais diversificada é a carteira, menor é o número de distribuidores que apresenta essa característica. Essa configuração é verificada tanto nacional quanto regionalmente, e é interpretada por meio da distribuição dos pontos em relação aos eixos. Em segundo lugar, como consequência da própria distribuição dos licitantes entre os cinco clusters de demanda, verifica-se, em regra, que os licitantes com maiores demandas diversificam suas carteiras mais do que os distribuidores com menores demandas por biodiesel. Isso corrobora a hipótese já explicada acerca da atuação dos licitantes no mercado de combustíveis no âmbito local, regional ou nacional. Dois exemplos ilustram essa realidade: por um lado, os três licitantes com demanda superior a 30 mil metros cúbicos têm em sua carteira biodiesel proveniente de praticamente todas as usinas, demonstrando a atuação nacional desses agentes e a diversificação máxima do portfólio; por outro lado, distribuidores pertencentes aos dois clusters de menor demanda, ao mesmo tempo em que

são bastante mais numerosos, costumam diversificar pouco suas carteiras, o que se confirma pela concentração de pontos no quadrante esquerdo e acima da linha tracejada dos gráficos. Esse comportamento se verifica tanto regional quanto nacionalmente.

O perfil de diversificação das carteiras, analisado sob as perspectivas de localização dos ativos e de tamanho da demanda dos licitantes serve ao duplo objetivo de permitir uma interpretação mais apurada dos resultados do modelo de otimização, a ser detalhado nas subseções seguintes, e de compreender o âmbito de atuação dos licitantes no mercado de combustíveis, posto que distribuidores com baixa demanda estão, comumente, relacionados a uma atuação local ou regional, o que, por questões logísticas, acaba restringindo a possibilidade de diversificação de suas carteiras por meio da inclusão de ativos de usinas localizadas em regiões distintas das quais operam.

4.4.2. Resultados do modelo de otimização baseado na média-variância para identificação de carteiras eficientes de risco mínimo

Conforme explicado na seção 4.2, o modelo de otimização de carteira de um licitante é baseado na média-variância dos preços representados pelos lances vencedores nos leilões. O objetivo consiste em escolher os ativos que comporão a carteira eficiente e os percentuais de alocação em cada um deles, com vistas a minimizar a variância total da carteira, ou seja, o risco de perdas caracterizado pela volatilidade dos preços do produto, ao mesmo tempo em que se minimiza o custo. Isso significa, em outras palavras, minimizar o risco diversificável. Nesta subseção 4.4.2 mostraremos a carteira eficiente de risco mínimo dos licitantes para, na subseção 4.4.3, expandirmos os resultados para o conjunto de carteiras ótimas localizadas sobre a fronteira eficiente.

A Tabela 32 resume a alocação nos ativos para composição da carteira eficiente de risco mínimo.

Tabela 32. Composição da carteira eficiente de risco mínimo de um licitante dos leilões de biodiesel.

Usina de Biodiesel (ativo)	Região	Alocação do ativo na carteira	Venda média nos leilões (m^3)	Capacidade média de produção por leilão (m^3)	Custo (US$ por m^3)	Variância
Bio Óleo - Cuiabá	Centro-oeste	3,20%	185	9.000	588	103.089
Caramuru - Sorriso	Centro-oeste	78,02%	12.396	17.100	634	64.349
Cesbra - Volta Redonda	Sudeste	17,11%	2.851	10.002	619	86.727
Três Tentos - Ijuí	Sul	1,67%	18.907	30.000	588	84.194

Alocação total dos ativos na carteira	100%	**Custo e Risco da Carteira Eficiente**	Custo: **629**	Risco: **56.467**

A Tabela 32 mostra que, de um total de 35 ativos, apenas 4 foram selecionados pelo modelo de otimização para a composição da carteira de risco mínimo: Bio Óleo Cuiabá; Caramuru Sorriso; Cesbra Volta Redonda; e Três Tentos Ijuí. Essas usinas contemplam três regiões, sendo 81,22% da carteira oriundos do Centro-Oeste, 17,11% do Sudeste e 1,67% do Sul.

Os resultados conduzem a duas conclusões. Primeiramente, é mister destacar que a composição da carteira eficiente de risco mínimo terá sua efetivação prática, como escolha do licitante nos leilões, condicionada à dimensão de sua demanda total por biodiesel. Levando em consideração as capacidades autorizadas de produção de cada uma das quatro usinas selecionadas e comparando-as aos percentuais de alocação na carteira, tem-se que a demanda máxima do licitante, para que este possa aplicar a composição apresentada na Tabela 32, é de um volume de 21.917,46 metros cúbicos. Acima deste valor ocorre extrapolação dos limites da capacidade de produção de pelo menos uma das usinas de biodiesel. Porém, esse fato não implica em redução da relevância do resultado do modelo proposto, haja vista que, dentre os 97 licitantes avaliados, 93 têm demanda média por leilão inferior a este volume. Em outras palavras, a carteira eficiente de risco mínimo é passível de ser utilizada pela grande maioria dos participantes dos leilões de biodiesel, sendo as conclusões do modelo aplicáveis a todos os distribuidores com atuação local e regional.

Em segundo lugar, no que se refere aos quatro licitantes de atuação nacional cuja demanda média é superior a 21.917,46 metros cúbicos de biodiesel por leilão, o fato de não ser possível a eles a composição de suas carteiras nas proporções da carteira de risco mínimo não significa que os mesmos não possam reduzir o risco diversificável de suas carteiras atuais. Tanto para este grupo de licitantes quanto para os de atuação local e regional, a possibilidade de definição de carteiras de menor risco será possível pela alocação das compras de biodiesel em ativos cuja relação entre custo e risco permita ao licitante aproximar sua carteira da fronteira eficiente, o que também leva à redução do risco diversificável conforme será demonstrado na seção 4.4.3.

Adicionalmente, deve-se ressaltar que o resultado do modelo representa uma referência à tomada de decisão dos licitantes com a incorporação da variável de risco

como critério, cabendo a estes definir a composição de suas carteiras em conjunto com outras variáveis relevantes, como por exemplo os custos logísticos e a proximidade das usinas em relação ao seu mercado consumidor e às suas bases de distribuição.

Numa análise sistêmica, a comparação entre a Tabela 32 e a Figura 21(A) torna necessário fazer duas observações. A primeira refere-se à questão da diversificação: embora, de forma geral, seja comum a ideia de que quanto mais diversificada for a composição de uma carteira, menor seria o risco, o modelo indica que essa regra não é absoluta, haja vista que a carteira de risco mínimo mostrada na Tabela 32 contém quatro ativos, o que representa menos do que 11,4% dos ativos disponíveis. Porém, como mencionado, para todos os licitantes há oportunidades de alteração da composição de suas carteiras atuais com vistas à minimização do risco diversificável através de uma aproximação em direção à fronteira eficiente.

A segunda observação diz respeito representatividade de cada região nas alocações das carteiras reais em comparação à da carteira de risco mínimo. Em tese, a utilidade dos resultados do modelo poderia ser baixa, principalmente para os licitantes que têm atuação em várias ou em todas as regiões brasileiras, caso o portfólio de mínimo risco indicasse ativos apenas de uma região, posto que isso representaria uma desconexão entre a teoria e a prática. Porém, o que se verifica com os resultados da Tabela 32 é que embora não constem ativos das regiões Norte e Nordeste, a participação conjunta dessas regiões no mercado nacional de biodiesel é de 9,5%, ao passo que as regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste representam 90,5% do mercado brasileiro e estão bem representadas nos resultados [1].

Deve-se ressaltar que, além da definição da carteira ótima de risco mínimo, há outras combinações de alocação dos ativos em carteiras também ótimas, localizadas em pontos distintos sobre a fronteira eficiente, conforme se verá na subseção 4.4.3. A utilidade do modelo proposto reside em permitir, para cada licitante, a comparação com os portfólios de fato escolhidos por eles nos leilões de biodiesel. Como o conjunto de licitantes contém muitos agentes − os 97 distribuidores utilizados no modelo, seria impraticável a comparação individual para cada licitante. Porém, é suficiente para a finalidade de ilustração da oportunidade de melhoria alocativa a comparação regional entre as composições das carteiras eficiente e real, para cada uma das demandas representativas desses licitantes. Levando em conta que o portfólio de mínimo risco se compõe de ativos

com volumes provenientes na proporção de 81,22% da região Centro-Oeste, 17,11% do Sudeste e 1,67% do Sul, apresenta-se então essa análise regional na Tabela 33.

Tabela 33. Comparação da composição regional das carteiras dos licitantes em relação à carteira de risco mínimo, por faixa de demanda representativa.

(A) Carteiras reais dos grupos representativos de licitantes com ativos agregados por região

Região	**½K**	**1K**	**5K**	**10K**	**15K**	**20K**	**25K**	**30K**	**200K**	**300K**
Centro-oeste	43,4%	29,8%	43,2%	36,5%	51,1%	69,5%	-	67,4%	43,9%	34,6%
Nordeste	0,6%	6,9%	13,0%	6,9%	2,8%	0,0%	-	9,6%	4,4%	10,9%
Norte	0,0%	0,1%	0,8%	2,8%	0,0%	0,1%	-	0,0%	0,9%	2,4%
Sudeste	25,5%	17,9%	10,0%	8,7%	17,3%	0,2%	-	1,5%	6,3%	10,1%
Sul	30,5%	45,3%	33,1%	45,1%	28,8%	30,2%	-	21,5%	44,6%	42,0%
Total	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**-**	**100%**	**100%**	**100%**

(B) Ajustes nas carteiras reais dos licitantes para se igualar à carteira eficiente

Região	**½K**	**1K**	**5K**	**10K**	**15K**	**20K**	**25K**	**30K**	**200K**	**300K**
Centro-oeste	+37,8%	+51,4%	+38,0%	+44,7%	+30,1%	+11,7%	-	+13,9%	+37,3%	+46,6%
Nordeste	-0,6%	-6,9%	-13,0%	-6,9%	-2,8%	0,0%	-	-9,6%	-4,4%	-10,9%
Norte	0,0%	-0,1%	-0,8%	-2,8%	0,0%	-0,1%	-	0,0%	-0,9%	-2,4%
Sudeste	-8,4%	-0,8%	+7,1%	+8,4%	-0,1%	+17,0%	-	+15,6%	+10,9%	+7,0%
Sul	-28,8%	-43,6%	-31,4%	-43,5%	-27,1%	-28,5%	-	-19,8%	-42,9%	-40,3%
Total	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**-**	**100%**	**100%**	**100%**

Inicialmente, a Tabela 33 é subdividida em duas tabelas, identificadas como (A) e (B). A Tabela 33(A) consolida regionalmente as carteiras reais dos licitantes pertencentes a cada faixa de demanda representativa, agrupando as alocações dos ativos conforme a região na qual se localiza a usina ofertante escolhida pelos licitantes. A Tabela 33(B) indica o diferencial alocativo entre a carteira real e a de risco mínimo. Nesta última tabela, os valores estão marcados em três cores, de modo a facilitar a interpretação dos resultados: em vermelho, caso a diferença seja negativa, ou seja, quando a carteira eficiente aloca menos ativos de determinada região do que a carteira real, e caso tal diferença seja superior a 3%; em verde, o oposto, ou seja, caso a alocação da carteira eficiente seja maior do que a real, em um patamar também superior a 3%; por fim, em amarelo, estão indicados os diferenciais que demonstram relativo equilíbrio entre ambas as carteiras, de modo que o diferencial entre elas seja inferior a 3%, seja positivo ou negativo.

Os resultados da Tabela 33(B) evidenciam duas conclusões. Inicialmente, verifica-se que há considerável diferença de alocação regional entre as carteiras reais e a carteira ótima de risco mínimo para todos os *clusters* de demanda representativa. A segunda conclusão observada da comparação entre os portfólios de mínimo risco e as carteiras reais é a de que há uma clara diferença de preferência dos licitantes em relação aos ativos das regiões Centro-Oeste e Sul, haja vista que os distribuidores selecionam proporcionalmente menos ativos da região Centro-Oeste e mais da região Sul, em comparação com o que recomenda o modelo de otimização.

Essas conclusões demonstram a oportunidade existente aos participantes dos leilões no sentido de incorporação do risco como critério para a tomada de decisão. O benefício dessa proposição é o de redução do risco diversificável das carteiras, ou seja, por uma diversificação em ativos que minoram o risco de volatilidade nos preços de biodiesel. Na subseção 4.4.3 esse resultado fica ainda mais evidente quando comparamos a posição das carteiras reais dos licitantes com a fronteira eficiente fornecida pelo modelo.

4.4.3. Fronteira eficiente das carteiras

Nesta última seção os resultados apresentados anteriormente são interpretados à luz da comparação dos portfólios reais dos 97 licitantes com a fronteira eficiente resultante do modelo de otimização e construída a partir dos valores de risco mínimo para cada nível

de custo. De modo a tornar a análise das carteiras dos licitantes em relação à fronteira eficiente consistente com a taxonomia explicada na subseção 4.4.1, os distribuidores foram identificados com legenda de acordo com o *cluster* de demanda representativa ao qual pertencem, complementando as conclusões já mostradas. No gráfico, cada ponto representa a carteira real de um licitante, de modo que se pode averiguar a distância do mesmo em relação à fronteira e ao portfólio ótimo de risco mínimo, indicado no canto superior esquerdo da fronteira. O resultado é sintetizado na Figura 22.

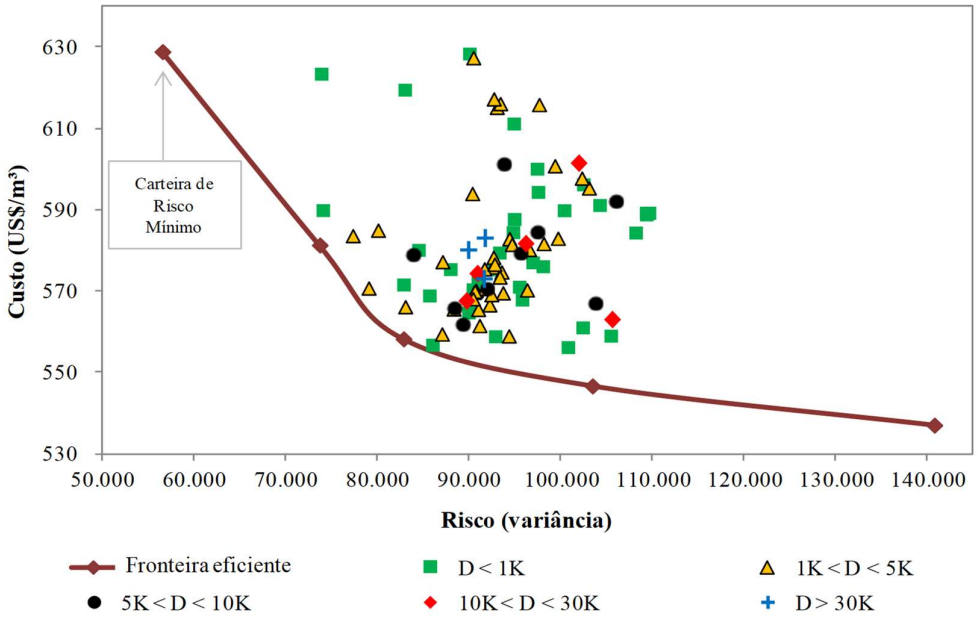


Figura 22. Posição das carteiras reais dos licitantes em relação à fronteira eficiente.

A Figura 22 mostra as posições das carteiras individuais dos licitantes em relação à fronteira eficiente, evidenciando que os desempenhos dos distribuidores constituem estratégias subótimas em termos de minimização do risco. Em linhas gerais, quanto mais afastados da fronteira estiverem os pontos, mais ineficiente é a estratégia de acordo com o critério proposto, posto que para cada nível de risco, o licitante estará pagando um preço maior pelo biodiesel comprado do que poderia ter pago se tivesse incorporado à tomada de decisão a análise da volatilidade histórica dos preços na escolha dos ativos.

Adicionalmente, o resultado apresentado na Figura 4 precisa ser avaliado considerando três questões: (i) o grau de diversificação da carteira do licitante, (ii) a dimensão da demanda individual do distribuidor e (iii) a influência de variáveis logísticas.

Em relação ao (i) *grau de diversificação das carteiras*, é importante interpretar a Figura 22 em conjunto com a Figura 21. A análise da Figura 21 indicou que os licitantes

que mais diversificam seus portfólios, ou seja, aqueles que os compõem com maior variedade de ativos, são os distribuidores pertencentes aos clusters de maior demanda − "10.000 < D < 30.000" e "D > 30.000". Em que pese esse fato, a Figura 22 demonstra que esses licitantes não têm seu desempenho traduzido na minimização do risco de suas carteiras, o que se depreende da distância dos pontos representativos desses agentes em relação à fronteira eficiente e à existência de diversos outros licitantes de menor demanda com carteiras de volatilidade inferior, dado um mesmo patamar de custo. Essa lógica é visualmente explicada por meio da desagregação da Figura 22, separando a comparação entre o desempenho dos licitantes em relação à fronteira, de acordo com os *clusters* de demanda predefinidos. Essa análise desagregada é apresentada na Figura 23 a seguir.

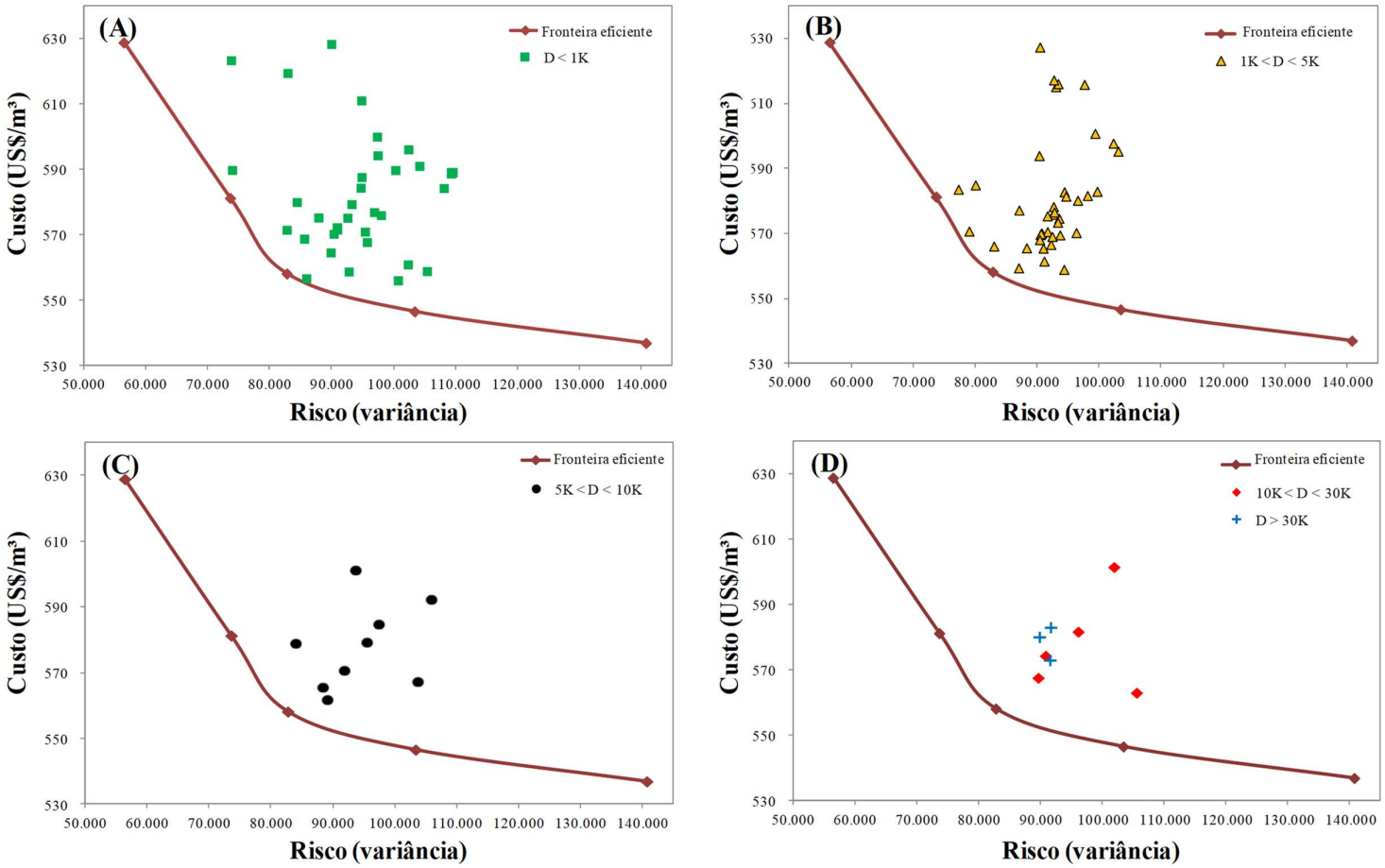


Figura 23. Comparação entre fronteira eficiente e carteiras reais dos licitantes, segregada por clusters de demanda.

A Figura 23 mostra a alocação das carteiras dos licitantes pertencentes a cada *cluster* de demanda representativa e indica fato relevante sobre a diversificação dos portfólios. Como se observa, as carteiras reais estão distantes da carteira de mínimo risco − localizada na extremidade esquerda da fronteira eficiente − e agrupadas, em geral, na região central do plano cartesiano, superior à fronteira. Isso leva a crer que os licitantes, em suas tomadas de decisão, manifestam preferência por custos inferiores àquele viabilizado pela carteira eficiente, embora possam melhorar significativamente a eficiência alocativa de suas carteiras reais caso as diversifiquem de tal modo a aproximar-se da fronteira e, assim, reduzir o risco diversificável.

No que tange à (ii) *dimensão da demanda individual do licitante*, e aproveitando a informação da Tabela 33, foi mencionado que existem, no mercado de biodiesel, distribuidores que incorporam em suas decisões de compra o fator de proximidade do ofertante em relação à sua área de atuação. Trata-se, normalmente, de um conjunto de licitantes pertencentes aos *clusters* com demanda representativa inferior a 10.000 metros cúbicos − nas Figuras 21 (A), (B) e (C), cuja atuação costuma ser local ou restrita a uma região. É relevante destacar dois efeitos possíveis no caso de alguns licitantes desses grupos. Primeiramente, devido ao fato de nesse grupo existirem diversos distribuidores que comercializam combustíveis em uma área geográfica limitada, o custo logístico de compra em regiões distantes pode representar inviabilidade econômica do negócio, fazendo com que a opção pela aquisição de biodiesel a partir de usinas próximas se justifique mesmo a maiores preço e risco. Em segundo lugar, pode ocorrer de o licitante que diversifica pouco sua carteira, por motivos ligados ao tamanho de sua demanda, atue geograficamente próximo a uma usina que apresente elevada (ou reduzida) variância dos preços, de modo que se este ativo tiver historicamente peso significativo na carteira deste licitante, então sua posição nas Figuras 21 (A), (B) e (C) será mais afastada (ou mais próxima) da fronteira eficiente, sem que isso signifique que a definição alocativa tenha incorporado o risco como variável de decisão.

Para sumarizar os comentários sobre essas duas primeiras questões − o grau de diversificação da carteira do licitante e a dimensão da demanda individual do distribuidor − apresentamos a Tabela 34 a seguir. Nela, mostram-se os desvios padrões e as médias dos riscos e dos custos (ponderadas pelos volumes) dos licitantes de cada *cluster* de demanda representativa.

Tabela 34. Comparação entre medidas estatísticas de tendência central do risco e do custo das carteiras.

Licitantes		Risco (Variância)		Custo (US$/m³)	
Faixa de Demanda	**Número de Licitantes**	**Média do Risco (ponderada pelo volume)**	**Desvio Padrão**	**Média do Custo (ponderada pelo volume)**	**Desvio Padrão**
▪ D < 1K	41	94.205	9.352	2.332	69
Δ 1K < D < 5K	39	87.465	5.540	2.236	71
● 5K < D < 10K	9	94.310	7.182	2.326	53
◊ 10K < D < 30K	5	96.831	6.886	2.323	61
+ D > 30K	3	91.171	1.015	2.334	21

A Tabela 34 demonstra que, para o caso dos leilões de biodiesel, não é completamente procedente a crença de que os licitantes de maiores demandas (D > 30K), ao terem atuação territorialmente mais ampla e mais oportunidades para diversificarem suas carteiras, tenderiam a ter carteiras de menor risco em relação às dos demais. De fato, a média ponderada dos riscos das carteiras dos distribuidores pertencentes ao cluster "D > 30K" é de 91.171, havendo o cluster "1K < D < 5K" com menor risco médio. Em contrapartida, o grupo dos maiores distribuidores tem uma variabilidade menor entre os riscos dos licitantes que o compõem, conforme se depreende dos valores dos desvios padrões. Pelo lado dos custos tampouco os representantes deste *cluster* têm menor custo; pelo contrário, o custo médio dos maiores distribuidores representa o maior valor dentre todos os grupos de demandas representativas. Essa informação corrobora o argumento desenvolvido ao longo do estudo, pelo qual não necessariamente os maiores licitantes são atualmente mais eficientes em minimizar o risco ou o custo de suas carteiras por meio da diversificação, haja vista que, na prática, os distribuidores pertencentes ao segundo cluster apresentam melhores resultados.

Por fim, em relação às (iii) *questões logísticas*, cumpre ressaltar que estas não foram o foco do modelo de otimização, embora reconheçamos sua relevância para também compreender a decisão dos licitantes durante os leilões. Entretanto, consideramos que a ausência de variáveis logísticas no modelo não prejudica a análise, posto que questões ligadas às alocações entre as regiões brasileiras foi explorada com detalhe nas seções anteriores do presente capítulo e podem servir de base para pesquisas futuras que aprofundem o assunto.

4.5. Estimativa do valor da maldição do vencedor a partir dos resultados do modelo de otimização de carteiras

No Capítulo 3, em consequência da análise econômica dos leilões de biodiesel, foi discorrido, na Seção 3.6, acerca das implicações que o enquadramento empírico dos leilões de biodiesel teria sobre questões envolvendo a eficiência dos resultados dos certames públicos.

A questão de maior relevância sobre a eficiência deriva da configuração dos leilões de biodiesel como leilões nos quais se aplica o paradigma dos valores comuns e dos valores afiliados, com confirmação da existência da maldição do vencedor como fenômeno anômalo. Conforme retratado por BAZERMAN e SAMUELSON [107], a maldição do vencedor pode ser medida como a diferença entre o valor real do objeto sendo leiloado e o valor pago pelo vencedor.

Na dinâmica dos leilões de biodiesel, a partir de um valor inicial definido pelas ofertas dos produtores de biodiesel, ocorre, devido à dinâmica competitiva, um processo de ascensão dos preços até que se chegue a um preço final definido pelos lances vencedores dos licitantes. Esse processo de ascensão de preços, contudo, não necessariamente conduz a um equilíbrio final eficiente, haja vista que parte dessa ascensão pode ser devida a fatores como uma menor disponibilidade de biodiesel disponível para a compra ou a ineficiências alocativas dos próprios licitantes, que compõem carteiras subótimas.

Com base no modelo de otimização de carteiras apresentado no presente capítulo, pode-se determinar uma alocação de determinada demanda de biodiesel num leilão entre os diversos ativos disponíveis, indicando, na simulação do modelo de otimização, o objetivo almejado: minimizar o risco (variância) ou minimizar o custo. Ao se operar o modelo inserindo como objetivo a minimização do custo, obter-se-á uma alocação entre as diversas usinas de biodiesel, capaz de atender à demanda determinada para o leilão simulado, de modo que o preço final do biodiesel seja o menor possível. Em outras palavras, esse resultado seria aquele no qual a ascensão dos preços é a menor possível para o conjunto do leilão, levando a um equilíbrio final mais eficiente do que o resultado real obtido.

Para a estimação do valor médio da maldição do vencedor por leilão e por ano, elaborou-se a Tabela 35 a seguir, composta: (i) pela Tabela 35.A, contendo dos resultados

reais dos leilões ocorridos em 2018 e 2019, anos cujos dados foram utilizados para elaboração do modelo de otimização; (ii) pela Tabela 35.B, contendo os resultados da carteira de custo mínimo, utilizando o modelo de otimização; e (iii) pela subtabela final que compara as duas primeiras, indicando a estimativa para o valor da maldição do vencedor por leilão e por ano, assim como o adicional de preços ocasionado pela anomalia.

Tabela 35. Estimativa do valor da maldição do vencedor a partir dos resultados do modelo de otimização de carteiras.

(A) Resultados Reais dos Leilões de Biodiesel				
Ano	**Volume Médio por Leilão (m³)**	**Preço Médio por Leilão (R$/litro)**	**Custo Médio por Leilão (R$ milhões)**	**Custo Médio Anual (R$ milhões)**
2018	918.200	2,56	2.348	14.087
2019	1.003.181	2,60	2.611	15.667
(B) Resultados da Carteira de Custo Mínimo utilizando o modelo de otimização				
Ano	**Volume Médio por Leilão (m³)**	**Preço Médio por Leilão (R$/litro)**	**Custo Médio por Leilão (R$ milhões)**	**Custo Médio Anual (R$ milhões)**
2018	918.200	2,21	2.027	12.160
2019	1.003.181	2,25	2.259	13.555
(A - B) Estimativa do valor da Maldição do Vencedor				
Ano	**Volume Médio por Leilão (m³)**	**Preço Médio Adicional por Leilão (R$/litro)**	**Custo Médio Adicional por Leilão (R$ milhões)**	**Custo Médio Adicional por Ano (R$ milhões)**
2018	918.200	**0,35**	**321**	**1.927**
2019	1.003.181	**0,35**	**352**	**2.112**

A primeira parte da Tabela 35(A) mostra que, para os anos de 2018 e 2019, comercializou-se por leilão, em média, 918.200 m³ e 1.003.181 m³, respectivamente. Os preços médios nesses leilões, de R$ 2,56/litro e R$ 2.60/litro, respectivamente, conduziram a um desembolso total pelos licitantes de R$ 2,348 bilhões e R$ 2,611 bilhões.

Utilizando esses mesmos volumes médios como demanda do modelo de otimização e inserindo como função objetivo a minimização do custo da carteira, obtém-se, na segunda parte da Tabela 35(B), que, para 2018 e 2019, os preços médios do biodiesel em ambos os anos resultariam num valor de R$ 0,35/litro menor do que o resultado real.

Isso gerou, conforme explicitado na última parte da Tabela 35, um custo médio adicional de R$ 321 milhões por leilão em 2018 e de R$ 352 milhões por leilão em 2019. Em valores anualizados e nominais, esses custos médios adicionais alcançariam R$ 1,927 bilhão em 2018 e R$ 2,112 bilhões em 2019. Esses valores podem ser utilizados como uma *proxy* para a mensuração da maldição do vencedor nos leilões de biodiesel e revelam que parte significativa da ascensão de preços durante os certames, embora derive do processo competitivo, tem raiz nesse fenômeno anômalo. Essas estimativas indicam, em síntese, que o custo dessa ineficiência para a sociedade brasileira situou-se ao redor do patamar de R$ 2 bilhões anuais, repassados aos consumidores através dos preços do biodiesel e incorporados ao preço do óleo diesel B.

5. Modelo integrado de análise de bem-estar com incorporação de externalidades

5.1. Contexto

A formação do preço de equilíbrio do biodiesel nos leilões públicos teve, até 2021, impacto sobre o preço de venda do óleo diesel B ao consumidor final, sendo relevante essa informação para a avaliação da política pública sobre o mandato de mistura obrigatória do biodiesel no óleo diesel fóssil, por parte do Conselho Nacional de Política Energética.

Como o uso do biodiesel gera, ao mesmo tempo, impactos sobre variáveis ambientais, econômicas e sociais, torna-se relevante o desenvolvimento de um método para quantificação desses efeitos. Essa necessidade adquire ainda maior força quando é considerada a importância desempenhada pelo óleo diesel na economia brasileira, em especial sobre o setor de transportes, com efeitos de espraiamento de custos para toda a cadeia de fornecimento de produtos.

O percentual do teor de biodiesel aplicável à mistura ao óleo diesel é definido pela Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, alterada pela Lei nº 13.263, de 23 de março de 2016, e pela Resolução CNPE nº 16, de 29 de outubro de 2018. Esses regramentos, em conjunto, estabelecem que o percentual de adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel segue um cronograma previsto de elevação da mistura, nos seguintes marcos: (i) 11%, em 1º de junho de 2019; (ii) 12%, em 1º de março de 2020; (iii) 13%, em 1º de março de 2021; (iv) 14%, em 1º de março de 2022; e (v) 15%, em 1º de março de 2023.

O cronograma de evolução do teor de mistura obrigatória admite, excepcionalmente, reduções temporárias quando houver motivado interesse público que as justifiquem. A interpretação que se faz da legislação em vigor é que, atualmente, o CNPE tem a prerrogativa de atuar na definição da mistura obrigatória de biodiesel em um intervalo que vai de 6% a 15%, ajustando o percentual às evoluções tecnológicas, às condições gerais do mercado e aos objetivos da política pública do biodiesel. Apesar do estabelecimento do cronograma determinado pela Resolução CNPE nº 16/2018, com incrementos sucessivos estabelecidos que resultariam no percentual de 15% de adição compulsória em 2023, devido aos impactos produzidos pela pandemia da Covid-19 sobre os preços do biodiesel e de suas matérias-primas, o CNPE atuou ao longo de 2021 no

sentido de reduzir, pontualmente, a exigência de mistura obrigatória, e fixou para o ano de 2022 o percentual em 10%.

Em síntese, são admitidas duas possibilidades de redução do teor de biodiesel, de modo temporário: primeiramente, a redução até 0% do teor de mistura, pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, por motivo relacionado à garantia do abastecimento de combustíveis; em segundo lugar, a redução até 6%, pelo Conselho Nacional de Política Energética, quando o motivo de interesse público estiver relacionado à proteção dos interesses do consumidor quanto a preço, qualidade e oferta de produtos.

5.1.1. A possibilidade de redução temporária do teor de mistura de biodiesel pela ANP e pelo CNPE

A competência do órgão regulador para reduzir temporariamente o percentual de adição obrigatória de biodiesel a 0% é expressa através do art. 2º, inciso II da Lei nº 13.033/2014, que dispõe caber à ANP estabelecer os limites de variação admissíveis e autorizar a dispensa, fundamentada e excepcional, do adicional de biodiesel ao óleo diesel, *in verbis*:

> *Art. 2º Caberá à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP:*
>
> *I - estabelecer os limites de variação admissíveis para efeito de medição do percentual de adição de biodiesel ao óleo diesel; e*
>
> *II - autorizar a dispensa, em caráter excepcional, de adição mínima obrigatória de biodiesel ao óleo diesel, considerando critérios de aplicabilidade, razoabilidade e segurança do abastecimento nacional de combustíveis.*

Assim, há previsão legal específica que autoriza a ANP a dispensar, ou seja, reduzir a 0%, a adição mínima obrigatória de biodiesel ao óleo diesel, desde que considerados os critérios de aplicabilidade, razoabilidade e segurança do abastecimento nacional de combustíveis. Com efeito, existindo previsão legal expressa no sentido de autorizar que a Agência exonere a adição de biodiesel ao óleo diesel, é possível que a Agência proceda a qualquer redução desses percentuais, desde que devidamente fundamentado do ponto de vista técnico relacionado à garantia do abastecimento de combustíveis, a partir de critérios de aplicabilidade, razoabilidade e segurança desse abastecimento.

A atuação da ANP não exclui ou anula as atribuições próprias do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), órgão vinculado à Presidência da República, presidido

pelo Ministro de Estado de Minas e Energia e que tem por atribuição propor ao Presidente da República políticas nacionais específicas relacionadas ao setor energético. Dentre estas políticas, consta a de preservar o interesse nacional e promover o desenvolvimento, além de proteger os interesses do consumidor quanto a preço, qualidade e oferta dos produtos. É o que se depreende da redação do art. 1º, incisos I, II e III, da Lei nº 9.478/1997, *in verbis*:

> *Art. 1º As políticas nacionais para o aproveitamento racional das fontes de energia visarão aosseguintes objetivos:*
>
> *I - preservar o interesse nacional;*
>
> *II - promover o desenvolvimento, ampliar o mercado de trabalho e valorizar os recursosenergéticos;*
>
> *III - proteger os interesses do consumidor quanto a preço, qualidade e oferta dos produtos;*

Neste mesmo sentido preceitua o art. 1º, inciso I, alíneas "a" e "c", do Decreto nº 3.520/2000, que dispõe sobre a estrutura e funcionamento do CNPE:

> *Art. 1º O Conselho Nacional de Política Energética - CNPE, criado pela Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, é órgão de assessoramento do Presidente da República para a formulação de políticas e diretrizes de energia, destinadas a:*
>
> *I - promover o aproveitamento racional dos recursos energéticos do País, em conformidade com o disposto na legislação aplicável e com os seguintes princípios:*
>
> *a) preservação do interesse nacional;*
>
> *(...)*
>
> *c) proteção dos interesses do consumidor quanto a preço, qualidade e oferta dos produtos;*

Da inteligência conjunta dos dispositivos supramencionados, mostra-se possível, tendo em vista suas atribuições de fixar diretrizesgerais do setor de energia, que o CNPE estabeleça como de interesse da Política Energética Nacional a redução dos percentuais de adição obrigatória do biodiesel no óleo diesel fóssil.

A manifestação do CNPE, nesse sentido, vai ao encontro de seu papel de propor, ao Presidente da República, diretrizes para promoção do aproveitamento racional dos recursos energéticos do País, em conformidade com os princípios da Política Energética Nacional, dentre eles, a proteçãodos interesses do consumidor quanto a preço, qualidade e oferta, e a definição da diretriz quanto ao uso de biocombustíveis (art. 1º, III c/c art. 2º, I e IV da Lei nº 9.478/1997. Com efeito, mesmo sendo competência da

ANP reduzir os percentuais de adição obrigatória do biodiesel no óleo diesel mineral, cabe ao CNPE apresentar diretrizes e orientações de interesse da Política Energética Nacional sobre este tema.

Ainda, com fundamento no art. 1º, parágrafo único, da Lei nº 13.033/2014, o CNPE pode, a qualquer tempo, por motivo justificado de interesse público, reduzir esse percentual para até 6% (seis por cento), restabelecendo-o por ocasião da normalização das condições que motivaram a redução do percentual. Desse modo, mesmo não podendo reduzir diretamente a 0% a adição de biodiesel ao diesel fóssil, é possível que, por ato próprio, o CNPE reduza até o percentual de 6%, por motivo de interesse público devidamente justificado.

Nesse sentido, a atuação do CNPE deve ser ancorada na caracterização do interesse público para se alterar o teor de biodiesel previamente estabelecido. É mister relembrar que o art. 1º, inciso III da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997 (Lei do Petróleo), coloca como objetivo das políticas nacionais, para o aproveitamento racional das fontes de energia, proteger os interesses do consumidor quanto a preço, qualidade e oferta de produtos. Considera-se, assim, que o encarecimento dos preços de combustíveis caracteriza-se como tema de relevante interesse público, justificando que se envidem esforços para a proposição de medidas que permitam mitigar os impactos do potencial aumento de preços do óleo diesel ao consumidor final. Assim, a proteção dos interesses dos consumidores quanto ao preço, possui amparo normativo para a prática, pelo CNPE, da prerrogativa determinada no art. 1º, parágrafo único, da Lei nº 13.033/2014.

O cenário do mercado de matérias-primas para produção de biodiesel, as cotações nacionais e internacionais nos mercados à vista e futuro de *commodities* e, a evolução da taxa de câmbio do ano de 2020 em diante caracterizaram, conjuntamente, o interesse público que levou o CNPE a, pela primeira vez, reduzir temporariamente o percentual de mistura de biodiesel no óleo diesel fóssil, em abril de 2021. Esse processo foi catalisado pela pandemia da Covid-19, desde março de 2020, e intensificado ao longo do ano de 2021.

Duas variáveis determinantes do custo do biodiesel são o óleo de soja (principal matéria-prima utilizada na produção), e a taxa de câmbio (que afeta a estrutura geral de custos de produção do biocombustível). Essas variáveis apresentaram uma evolução conforme mostrado nas Figuras 24 e 25 a seguir.

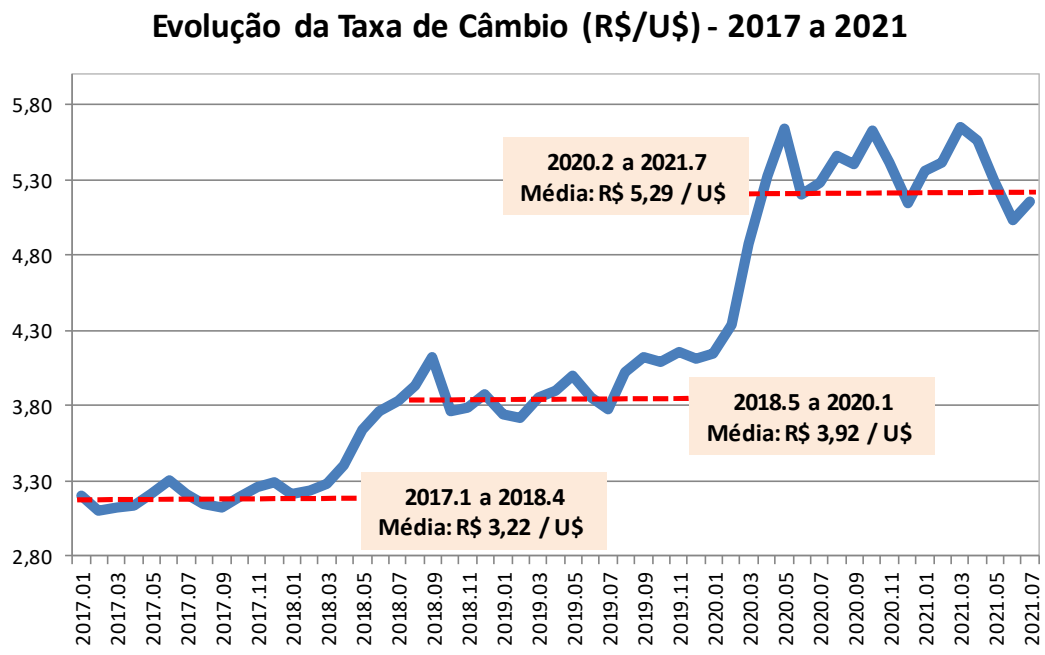


Figura 24. Evolução da taxa de câmbio entre 2017 e 2021. Fonte:[124].

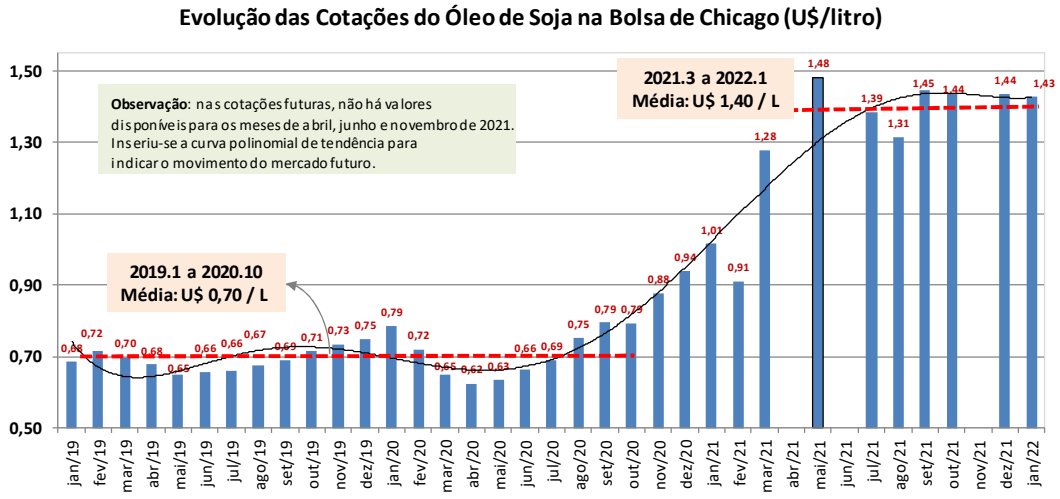


Figura 25. Evolução das cotações do óleo de soja no mercado futuro internacional. Fonte: [125].

A Figura 24 mostra a evolução da taxa de câmbio entre 2017 e 2021, evidenciando que, desde o início da série, o câmbio elevou-se de patamar continuamente através da desvalorização do real frente ao dólar americano. De fato, entre janeiro de 2017 e abril de 2017, a taxa cambial apresentou uma média de R$ 3,22/US$ e entre maio de 2018 e janeiro de 2020 apresentou uma média de R$ 3,92/US$, gerando uma depreciação de 21,7%; e entre fevereiro de 2020 e julho de 2021, a média passou para o patamar de R$

5,29/US$ com uma depreciação de 34,9%. Ao todo, entre o início e o final do período, a taxa de câmbio elevou-se 83,8%.

A Figura 25, em complemento, traz a evolução do preço do óleo de soja no mercado futuro internacional, cotado na Bolsa de Chicago, principal referência para a *commodity*. Também nesse caso, verifica-se uma mudança de patamar das cotações, haja vista a elevação do preço de uma média de US$ 0,70/litro em 2019 e 2020 para uma média de US$ 1,40/litro em 2021, um encarecimento de 100% no custo da matéria-prima.

Essa realidade imposta pelo encarecimento da estrutura de custos para produção de biodiesel trouxe para o Conselho Nacional de Política Energética a preocupação acerca do teor de biodiesel a ser utilizado no óleo diesel fóssil, haja vista que a possibilidade de repasse dos preços ao longo da cadeia poderia gerar, risco de aumento substancial do preço de venda do óleo diesel ao consumidor final, caso mantido o cronograma oficial de elevação do teor de mistura, nos termos da Resolução CNPE n° 16/2018 [126]. Nesse contexto, a elevação do preço do óleo diesel ao consumidor final, em decorrência do aumento expressivo dos preços do biodiesel, tem o potencial de impactar negativamente o desempenho da economia brasileira e o bem-estar da população em momento de calamidade pública, considerando a relevância do preço do diesel sobre toda a cadeia de fornecimento nacional, sobre a inflação de custos e sobre o risco de paralisação dos transportadores rodoviários [127].

Em que pese, portanto, o cronograma de evolução do teor de biodiesel no óleo diesel fóssil previsto na Resolução CNPE n° 16/2018, o dever institucional do qual se incumbe o CNPE na proteção dos interesses do consumidor quanto a preço, qualidade de oferta dos combustíveis implicou, ao longo de 2021, a caracterização do interesse público para redução do percentual de mistura obrigatória de biodiesel no óleo diesel, visando não apenas à minoração da elevação do preço do óleo diesel ao consumidor final, como também a ampliação da disponibilidade de biodiesel nos leilões públicos, cujo efeito, em última instância, seria a minimização da escalada de preços, que comumente ocorre durante os certames.

Em consequência, o CNPE promoveu, em 2021, quatro reduções do teor de biodiesel em relação aos teores estabelecidos na Resolução CNPE n° 16/2018, exercitando sua prerrogativa legal de proteção do interesse público. Os atos normativos consubstanciaram-se em quatro resoluções do Conselho:

- Resolução CNPE n° 4, de 9 de abril de 2021: Estabelece como de interesse da Política Energética Nacional a redução do percentual de mistura obrigatória do biodiesel no óleo diesel fóssil de 13% (treze por cento) para 10% (dez por cento), na vigência do 79º Leilão de Biodiesel (L79);
- Resolução CNPE n° 10, de 11 de maio de 2021: Estabelece como de interesse da Política Energética Nacional a redução do percentual de mistura obrigatória do biodiesel no óleo diesel fóssil de 13% (treze por cento) para 10% (dez por cento), na vigência do 80º Leilão de Biodiesel (L80);
- Resolução CNPE n° 11, de 02 de junho de 2021: Estabelece como de interesse da Política Energética Nacional a redução do percentual de mistura obrigatória do biodiesel no óleo diesel fóssil de 13% (treze por cento) para 12% (doze por cento), na vigência do 81º Leilão de Biodiesel (L81); e
- Resolução CNPE n° 16, de 06 de setembro de 2021: Estabelece como de interesse da Política Energética Nacional a redução do percentual de mistura obrigatória do biodiesel no óleo diesel fóssil de 13% (treze por cento) para 10% (dez por cento), na vigência do 82º Leilão de Biodiesel (L82).

Esses processos de redução temporária do teor de mistura de biodiesel deliberados pelo CNPE foram ancorados, especialmente, na proteção dos interesses do consumidor quanto a preço ao consumidor final, haja vista o processo de encarecimento dos custos de produção do biodiesel em comparação ao do óleo diesel de origem fóssil. Para essa tomada de decisão, o CNPE ancorou-se na metodologia utilizada pela ANP para o cálculo do Preço Máximo de Referência (PMR) dos leilões de biodiesel.

Essa metodologia aprovada pela Diretoria Colegiada da ANP e aplicada ao longo dos anos de vigência dos leilões públicos, foi recepcionada em 2021, pelo CNPE, como referência para a tomada de decisão, nesse cenário de excepcionalidade que configurou o interesse público para a determinação do teor de biodiesel. A metodologia utilizada para o cálculo do impacto do teor de mistura do biodiesel sobre os preços do óleo diesel ao consumidor final consistia em:

- Cálculo do Preço Máximo de Referência (PMR) para o leilão, cujo período era objeto de avaliação pelo CNPE sobre o teor de mistura a ser adotado. Esse cálculo do PMR consistia na realização das cotações dos preços das mesmas variáveis e nas mesmas fontes de dados utilizados pela ANP;

- Cálculo da defasagem entre o PMR e o preço inicial de oferta das usinas de biodiesel. Como explanado previamente, o PMR tem a função de limitar o preço inicial de oferta das usinas nos leilões, de modo que, a partir dos dados históricos de defasagem da média entre o PMR e os preços iniciais de oferta, obtém-se uma estimativa de qual deve ser o preço de partida das negociações no certame;
- Cálculo do efeito de ascensão de preços decorrente do processo negocial durante os leilões. Como os leilões de biodiesel são leilões do tipo Inglês, a competição pelo produto gera elevação dos preços até que seja alcançado o equilíbrio, representado pela existência de apenas um interessado para determinado lote de produto. Pela lógica de mercado, a ascensão de preços tende a ser tão mais forte quanto menor for o excedente de oferta de biodiesel, o que, em outras palavras, significa que quanto menor o teor de biodiesel a ser aplicado, maior tende a ser esse excedente, e vice-versa. Os dados históricos dos leilões permitem estimar o valor que cada metro cúbico a menos de disponibilidade de biodiesel nos leilões gera, em valores monetários, de elevação dos preços;
- Simulação do preço do biodiesel e do preço de venda do óleo diesel ao consumidor final.

5.1.2. A importância de um modelo de análise do impacto do biodiesel sobre o bem-estar com incorporação de externalidades

O fim dos leilões públicos de biodiesel foi estabelecido pela Resolução CNPE n° 14, de 9 de dezembro de 2020, que determinou, no art. 1º, que todo biodiesel necessário para atendimento ao percentual obrigatório de que trata a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, fosse contratado mediante um novo modelo de comercialização em substituição aos leilões públicos, para atendimento da mistura obrigatória de biodiesel no óleo diesel, a partir de 1º de janeiro de 2022. A regulamentação desse novo modelo foi realizada pela ANP por meio da Resolução ANP nº 857, de 28 de outubro de 2021, pela qual os leilões passam a ser substituídos pela negociação direta entre produtores de biodiesel e distribuidores de combustíveis.

Esse contexto se somou ao de elevação do preço do biodiesel em relação ao do óleo diesel fóssil, conforme demonstrado nas Figuras 24 e 25, o que trouxe ao debate a importância de se avaliar o valor gerado, pela política pública representada pelo PNPB, à sociedade brasileira. Isso significa mensurar, além do preço do biodiesel, as

externalidades geradas pela sua produção e seu uso, especialmente nas dimensões ambiental e social, que são pilares do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel.

De fato, o processo durante o qual ocorreu o fim dos leilões públicos, o surgimento do novo modelo de comercialização e a ascensão dos preços do biodiesel trouxe o tema da mensuração das externalidades geradas pela produção e pelo uso do biodiesel ao centro do debate da política pública, especialmente quanto à expressão do valor gerado pelo biodiesel à sociedade brasileira, além do que já é sinalizado através dos preços. Essa preocupação refletiu-se na publicação, pelo Conselho Nacional de Política Energética, da Resolução nº 18, de 5 de outubro de 2021, com vistas a analisar e propor critérios para a previsibilidade do teor mínimo obrigatório de biodiesel no óleo diesel B. O objetivo dessa Resolução foi a criação de um grupo de trabalho que propusesse critérios de previsibilidade para a determinação do teor de biodiesel no óleo diesel, haja vista que o Conselho precisou tomar decisões, ao longo de 2021, acerca do teor de biodiesel a ser aplicado durante os leilões de biodiesel, conforme explanado na seção 5.1.1. Em outras palavras, a Resolução CNPE nº 18/2021 indicou a importância de se construir uma metodologia transparente para a determinação do teor de biodiesel de modo previsível, para tomada decisão a respeito do tema pelo Conselho, quando necessário.

Nos termos do art. 1° dessa Resolução, os seguintes princípios e objetivos, oriundos da Política Energética Nacional (art. 1° da Lei n° 9.478/1997) e da Política Nacional de Biocombustíveis (arts. 1° a 3° da Lei n° 13.576/2017), devem ser observados:

- Proteger os interesses do consumidor quanto a preço, qualidade e oferta dos produtos;
- Garantir o suprimento de biocombustíveis em todo o território nacional;
- Proteger o meio ambiente e promover a conservação de energia;
- Promover a livre concorrência;
- Incrementar, em bases econômicas, sociais e ambientais, a participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional;
- Contribuir com previsibilidade para a participação competitiva dos diversos biocombustíveis no mercado nacional de combustíveis;

- Reconhecer a contribuição dos biocombustíveis para a segurança do abastecimento nacional de combustíveis, da preservação ambiental e para promoção do desenvolvimento e da inclusão econômica e social;
- Valorizar a importância da agregação de valor à biomassa brasileira; e
- Reconhecer a eficácia dos biocombustíveis em contribuir para a mitigação efetiva de emissões de gases causadores do efeito estufa e de poluentes locais.

Conforme se verifica a partir do conjunto de princípios emanados pelo CNPE para a análise do teor de biodiesel a ser misturado no óleo diesel fóssil, é patente o reconhecimento da existência das externalidades geradas pela produção e pelo uso do biodiesel sobre o bem-estar, sendo relevante, portanto, identifica-las e mensurá-las visando à avaliação da política pública, contribuindo para o debate iniciado no âmbito da Resolução CNPE nº 18/2021.

5.2. Metodologia

Em atenção ao contexto relatado no item 5.1, na presente tese é proposta uma metodologia que permite mensurar o impacto proporcionado pela ampliação ou redução do teor de biodiesel no óleo diesel fóssil sobre o bem-estar da sociedade. A proposta é integrar um modelo de equilíbrio parcial de demanda e oferta de mercado com uma análise quantitativa das principais externalidades envolvidas na adoção do biocombustível, com vistas à obtenção de um resultado de bem-estar integrado para distintos cenários de teores de mistura de biodiesel no óleo diesel.

Para determinação desse resultado de bem-estar integrado, optou-se por seguir os passos descritos na Figura 26.

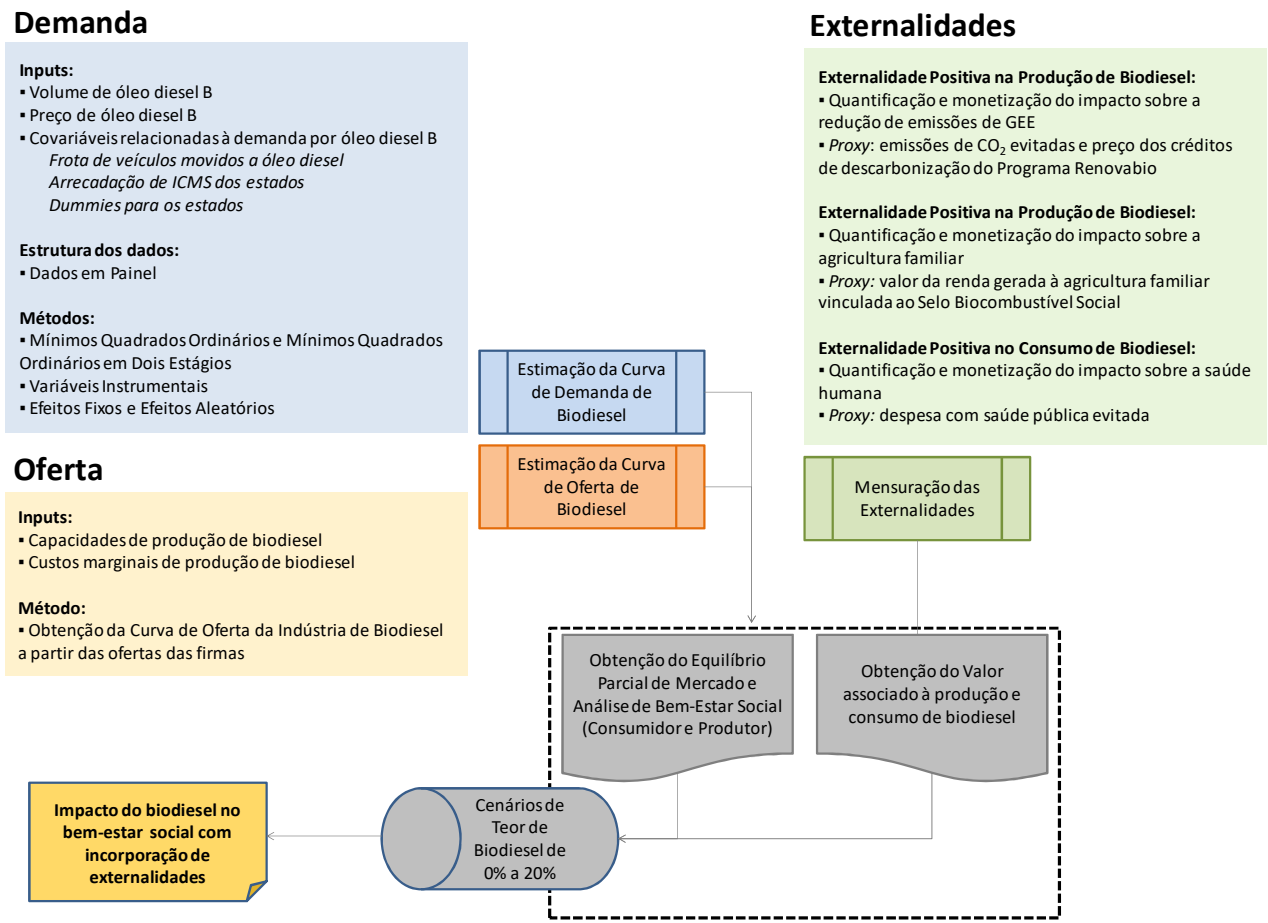


Figura 26. Passos metodológicos para construção do modelo integrado de análise de bem-estar com incorporação das externalidades.

5.2.1. Estimação das curvas de demanda e de oferta e análise estática do equilíbrio parcial do mercado de óleo diesel

Por meio de uma estratégia empírica que envolve a estimação da curva de demanda do óleo diesel e, consequentemente, a do biodiesel, assim como a estimação da curva de oferta da indústria de biodiesel, torna-se possível desenhar cenários de equilíbrio parcial de mercado de óleo diesel para distintos teores de mistura do biodiesel. Na Figura 26 essa estratégia é representada pelos quadrantes "Demanda" e "Oferta" do diagrama.

Para a consecução do objetivo de quantificação dos impactos econômicos, adota-se a metodologia de análise de equilíbrio parcial de mercado. Esse método permite mensurar quanto uma alteração no teor de biodiesel gera de mudança no equilíbrio de mercado, e, por consequência, nos excedentes dos produtores e dos consumidores. A base para a adoção dessa metodologia leva em consideração os achados de DE GORTER e JUST [128], os quais apresentaram um estudo sobre o uso das análises de equilíbrio parcial no mercado de biocombustíveis, especialmente em contextos nos quais seja relevante estabelecer cenários de impactos dos distintos mandatos de biocombustíveis sobre os preços dos combustíveis ao consumidor final e determinar as elasticidades de oferta desses produtos. A ideia central consiste, portanto, em aproveitar a utilidade do ferramental econômico do equilíbrio parcial, para atender o objetivo de avaliar, no curto prazo, os resultados de mercado advindos do uso do biodiesel.

Nessa mesma linha de raciocínio, aplicando também a análise de equilíbrio parcial, ALTHOFF *et al.* [129] buscaram quantificar o impacto do uso de um mandato de 2% de biodiesel sobre a economia do estado de Indiana, nos Estados Unidos da América, concluindo que o uso de biodiesel resultou em custo social total entre 15,2 e 17,2 bilhões de dólares. Para o caso brasileiro, o trabalho de SILVA JUNIOR [130] verificou os efeitos de mercado gerados pela política pública do biodiesel na primeira década do século XXI, através da estimação da curva de demanda do óleo diesel fóssil e biodiesel e da curva de oferta do biodiesel. Essas estimações foram utilizadas para uma análise estática que traçou cenários para distintos valores de mistura de biodiesel e óleo diesel fóssil.

Seguindo o raciocínio consubstanciado nesses estudos, a proposta metodológica esquematizada na Figura 26 é composta por três etapas. A primeira etapa baseia-se na estimação da curva de demanda por óleo diesel no mercado brasileiro e, por consequência,

obter também a demanda por biodiesel, através de modelos econométricos. Para isso, utilizam-se dados em painel e os métodos de mínimos quadrados ordinários e mínimos quadrados ordinários em dois estágios com variáveis instrumentais, ambos testados sob efeitos fixos e efeitos aleatórios, para determinar que modelo descreve melhor a demanda. Os dados estruturados em painel foram obtidos para cada umas das unidades federadas brasileiras, as quais compõem variáveis *dummies* do modelo, e abrangem dados de preço de revenda de óleo diesel e frota de veículos movidos a óleo diesel. Como variáveis instrumentais são testados os preços de distribuição de óleo diesel, os salários médios e os preços de importação de óleo diesel.

A segunda etapa consiste na estimação da curva de oferta da indústria de biodiesel a partir da soma horizontal das curvas de oferta das firmas – as usinas de biodiesel. Como a estrutura de custos das firmas não é conhecida, torna-se necessário adotar premissas simplificadoras acerca do funcionamento da dinâmica produtiva e concorrencial, em especial assumindo que as usinas estão em competição perfeita, que o custo marginal das usinas é constante e que podem produzir até o limite de 100% de suas capacidades autorizadas pela ANP. Adicionalmente, as firmas são divididas em dois grupos: um grupo relacionado às usinas que são autorizadas a operar, mas que não participam dos leilões de biodiesel, ou seja, que não comercializam o biocombustível; e outro grupo relacionado àquelas que são autorizadas e participam dos leilões públicos. Cada um desses grupos apresenta uma estrutura de curva de oferta distinta, distinção baseada na definição adotada para o custo marginal das firmas do grupo ao qual pertencem. São usados como dados as capacidades de produção das usinas autorizadas pela ANP, os PMRs das regiões onde se localizam as usinas de biodiesel e os preços iniciais médios de oferta das usinas participantes dos leilões.

A terceira etapa, por fim, consiste em (de posse das curvas de demanda e de oferta obtidas nas etapas anteriores) estimar o equilíbrio parcial de mercado para os diferentes cenários de teor de biodiesel, entre 6% e 20%. Adota-se como cenário-base o teor de 10%, definido pelo Conselho Nacional de Política Energética que estará vigente durante o ano de 2022, nos termos da Resolução CNPE nº 25, de 22 de novembro de 2021. Para o preço e a quantidade de equilíbrio de cada cenário, calcula-se a variação dos excedentes do consumidor e do produtor em relação ao cenário-base, de modo a se obter a medida do bem-estar.

5.2.2. Mensuração das externalidades positivas da produção e do consumo de biodiesel

No rol de princípios da Política Energética Nacional e da Política Nacional de Biocombustíveis, destacam-se aqueles que refletem as externalidades geradas pela produção e pelo uso do biodiesel, como "proteger o meio ambiente", "incrementar a participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional em bases sociais e ambientais", "reconhecer a contribuição dos biocombustíveis para a preservação ambiental e para a promoção da inclusão social" e "reconhecer a eficácia dos biocombustíveis em contribuir para a mitigação efetiva de emissões de gases causadores do efeito estufa e de poluentes locais".

Com vistas a viabilizar a realização desses princípios, propõe-se a mensuração de externalidades relacionadas à produção e ao consumo do biodiesel, e sua incorporação ao cálculo de bem-estar. Diversas externalidades podem ser observadas nesse mercado, como a redução das emissões de gases de efeito estufa; a mitigação das emissões de materiais particulados na atmosfera; o impacto positivo sobre setores agropecuários adjacentes; a redução do dispêndio com saúde pública para tratamento de problemas respiratórios, entre outras. Porém, nem todas elas possuem métricas de quantificação avalizadas por políticas públicas ou por estudos técnicos que tragam com precisão os dados necessários para incorporação ao modelo.

Por esse motivo, optou-se pela utilização de três medidas de externalidades positivas para compor o presente estudo, sendo que duas são sobre a produção e uma sobre o consumo de biodiesel. Para o primeiro caso de externalidade, sobre a produção de biodiesel, internalizou-se na análise o volume de dióxido de carbono evitado na atmosfera, medido através do preço unitário da tonelada de CO_2 equivalente, representado pelos Créditos de Descarbonização (CBIO) do Programa RenovaBio [131], que foi instituído pela Lei n° 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Além dessa externalidade, incorporou-se também a renda gerada à agricultura familiar inserida no arranjo do Selo Biocombustível Social [50, 132]. Ressalta-se que o presente trabalho não se propõe a exaurir todas as externalidades existentes na produção e no uso do biodiesel, mas servir como proposta inicial para a mensuração daquelas mais destacadas e relacionadas aos pilares ambiental e social do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, de modo que externalidades adicionais a serem incorporadas ao modelo são apresentadas como recomendações para pesquisas futuras acerca do tema.

Para a economia externa sobre o consumo de biodiesel, utilizou-se como referência as informações apresentadas pela Empresa de Pesquisa Energética, em nota técnica que avaliou o impacto do uso de biocombustíveis sobre a saúde humana [133]. Nesse estudo, que utilizou como base os dados do inventário de poluição atmosférica, publicado em 2018 pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo [134], a EPE aplicou a metodologia da Organização Mundial da Saúde (OMS) para calcular, para a região metropolitana de São Paulo (RMSP), o benefício que o uso do biodiesel traz, em termos de melhoria da expectativa de vida para a população devido à redução de emissões de materiais particulados.

A partir da metodologia e dos resultados desses estudos, propõe-se a quantificação monetária do dispêndio com saúde pública que foi evitado, pelo aumento da expectativa de vida ocasionado pelo uso do biodiesel, ou seja, pela externalidade positiva do consumo desse biocombustível.

São apresentados dois cenários: o primeiro cenário (denominado "conservador") consiste em replicar a externalidade positiva conforme trazida na nota técnica da EPE, haja vista ser o dado oficialmente publicado pelo governo federal; o segundo cenário (denominado "otimista"), consiste em extrapolar os dados referentes à RMSP para o conjunto de regiões metropolitanas brasileiras. Deve-se mencionar que toda extrapolação traz consigo fragilidades para a análise, haja vista que impõe ao conjunto total de dados condições referentes apenas ao subconjunto de dados originais; porém, a extrapolação do resultado da RMSP para o conjunto das regiões metropolitanas brasileiras representa um cenário otimista, pelo qual se obteria o máximo benefício à saúde pública capaz de ser auferido com o uso de biodiesel. Isso ocorre devido ao fato de que a RMSP é a região metropolitana brasileira que possui a maior densidade demográfica [135] e a maior frota de veículos que utilizam o óleo diesel como combustível [136]. Esse fato também explica a razão pela qual não é plausível extrapolar os dados da RMSP para todo o país, posto que as emissões de particulados estão relacionados com a concentração populacional e de veículos emissores, o que se coaduna mais com a hipótese de extrapolação apenas para o conjunto de regiões metropolitanas do que para o conjunto de toda a população brasileira.

5.2.3. Análise do bem-estar com incorporação de externalidades

Uma vez obtidas as curvas de demanda e de oferta de biodiesel e a quantificação das externalidades positivas associadas à produção e ao consumo de biodiesel, adota-se uma análise estática de equilíbrio parcial seguindo o seguinte procedimento:

i. Identificação dos preços e das quantidades que equilibram o mercado para cada cenário de teor de biodiesel entre 6% e 20%;

ii. Cálculo do excedente do consumidor e do excedente do produtor, com vistas à obtenção do bem-estar, para cada cenário de teor de biodiesel entre 0% e 20%;

iii. Cômputo da soma das externalidades positivas na produção e no consumo de biodiesel, para cada cenário de teor de biodiesel entre 6% e 20%, que será incorporado ao valor obtido para o bem-estar; e

iv. Elaboração de um quadro-síntese contendo os resultados agregados.

5.2.4. Descrição da base de dados

A descrição da base de dados, utilizada para a implementação dos passos metodológicos, sistematizados nas seções anteriores, é descrita na Tabela 36, na qual é apresentada, para cada dado:

i. A seção metodológica a que se refere;

ii. A definição da base de dados;

iii. O período abrangido;

iv. A unidade de medida; e

v. A fonte de informação e a referência bibliográfica.

Tabela 36. Descrição da base de dados utilizada para implementação do modelo.

Seção	Base de Dados	Período	Unidade de Medida	Fonte	Referência
Curva de Demanda	Volume mensal de óleo diesel B vendido por unidade da federação	2013-2021 (mensal)	Metros cúbicos	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Dados estatísticos: vendas, pelas distribuidoras, dos derivados de combustíveis de petróleo.	[137]

Curva de Demanda	Preço médio mensal do óleo diesel B ao consumidor final nas revendas varejistas de combustíveis líquidos por unidade da federação	2013-2021 (mensal)	R$ / litro	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Levantamento de Preços dos Combustíveis (LPC) .	[138]
Curva de Demanda	Frota de veículos movidos a óleo diesel por unidade da federação	2013-2021 (mensal)	Número de veículos	Departamento Nacional de Trânsito (Denatran). Estatísticas de Frota de Veículos.	[136]
Curva de Demanda	Preço médio do óleo diesel B nos distribuidores de combustíveis líquidos por unidade da federação	2020-2021 (mensal)	R$ / litro	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Levantamento de Preços dos Combustíveis (LPC) .	[138]
Curva de Demanda	Preço médio mensal de importação de óleo diesel A	2013-2021 (mensal)	R$ / litro	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Dados estatísticos: importações & exportações.	[139]
Curva de Demanda	Taxa de câmbio média	2013-2021 (mensal)	R$ / US$	Banco Central do Brasil (Bacen). Cotações de moedas PTAX.	[124]
Curva de Demanda	Remuneração média do trabalho por unidade da federação	2013-2020 (mensal)	R$	Ministério do Trabalho. Programa de Disseminação das Estatísticas do Trabalho (PDET), Relatório Anual de Informações Sociais (RAIS).	[140]
Curva de Oferta	Capacidade autorizada de produção de biodiesel por usina	2021 (mensal)	Metros cúbicos	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Relatório Dinâmico de Autorizações - Produtores de Biodiesel.	[141]
Curva de Oferta	Preço Máximo de Referência (PMR) dos leilões de biodiesel	2021 (bimestre)	R$ / m³	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Editais dos leilões públicos de biodiesel.	[142]

Curva de Oferta	Preço Inicial Médio de Oferta das Usinas nos leilões de biodiesel	2021 (bimestre)	R$ / m³	Petronect. Relatório de Acompanhamento de Propostas das Usinas.	[143]
Equilíbrio Parcial	Preço médio mensal de biodiesel ao produtor por unidade da federação	2021 (mensal)	R$ / litro	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Homologação dos Resultados dos Leilões de Biodiesel.	[61]
Equilíbrio Parcial	Preço médio mensal de óleo diesel fóssil ao produtor por unidade da federação	2021 (mensal)	R$ / litro	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Preços de produtores e importadores de derivados de petróleo.	[144]
Equilíbrio Parcial	Margem mensal do distribuidor de combustíveis líquidos por unidade da federação	2021 (mensal)	R$ / litro	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Levantamento de Preços dos Combustíveis (LPC) .	[138]
Equilíbrio Parcial	Margem mensal do revendedor varejista de combustíveis líquidos por unidade da federação	2021 (mensal)	R$ / litro	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Levantamento de Preços dos Combustíveis (LPC) .	[138]
Equilíbrio Parcial	Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA)	2013-2021 (mensal)	%	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).	[145]
Externalidades	Preço dos Créditos de Descarbonização (CBIOs)	2020-2021 (diário)	R$/CBIO	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Painel Dinâmico RenovaBio - Comercialização de CBIOs.	[131]
Externalidades	Dispêndio com saúde pública evitado pela melhoria na expectativa de vida da população	2021 (mensal)	R$	Empresa de Pesquisa Energética	[133]

Externalidades	Óbitos evitados	2021 (mensal)	Número de óbitos	Empresa de Pesquisa Energética	[133]
Externalidades	Renda gerada à agricultura familiar no arranjo do SBS	2020 (mensal)	R$	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento	[132]

Assim como relatado nos capítulos anteriores, os dados utilizados para a estimação da curva de demanda iniciam-se em janeiro de 2013 e terminam em julho de 2021. Essa cobertura temporal permite estimar a demanda com base em uma avaliação histórica mais robusta acerca do comportamento do mercado, bem como dos determinantes do consumo de óleo diesel.

Por outro lado, os dados utilizados para a estimação da curva de oferta da indústria de biodiesel, assim como para a análise de equilíbrio parcial e para o cálculo do bem-estar, são referentes ao mês de julho de 2021, mais recentes na série histórica. Isso se justifica, pelo lado da oferta, porque convém conhecer qual a capacidade atual de oferta e os custos marginais contemporâneos das firmas que compõem a indústria de biodiesel. Também se justifica, no caso da análise de equilíbrio parcial, para iniciar no patamar de valores atuais das variáveis de mercado e para servir como ponto de partida para as análises de cenários dos distintos teores de biodiesel.

Importa ressaltar que os dados são trabalhados em painel, o que traz sete vantagens principais [146]:

i. Discriminação de diferenças individuais e temporais: permite identificar efeitos que não seriam detectados isoladamente com dados *cross-section* ou séries temporais isoladamente, de modo que as variáveis individuais específicas oriundas da heterogeneidade dos componentes dos grupos podem ser aproveitadas na análise;

ii. Elevação do número de graus de liberdade: o tamanho da amostra é o produto do número de observações individuais (amostra de dados *cross-section*) pelo tamanho da série temporal;

iii. Maior informação, maior variabilidade e menor colinearidade entre variáveis, devido à combinação de séries temporais e dados com corte transversal;

iv. Dados em painel são mais adequados ao estudo da dinâmica da mudança (emprego, renda, preços, etc.);

v. Minimização do viés decorrente da agregação de pessoas e/ou empresas nos grandes conjuntos;

vi. Detecta e mede melhor os efeitos em comparação aos estudos transversais puros ou em séries temporais puras; e

vii. Diminui as dificuldades inerentes às variáveis omitidas: por exemplo, a variação na venda de óleo diesel pode ser devida a características específicas não observáveis. Em uma regressão convencional esse efeito estaria diluído na média; em dados em painel pode ser captado exclusivamente pelos coeficientes individuais.

Ademais, deve-se mencionar que os dados com unidade de medida monetária foram deflacionados pelo IPCA com referência a janeiro de 2013, que é o início das séries históricas. Esse deflacionamento foi necessário para permitir a comparação dos dados em termos reais e para isolar o efeito inflacionário sobre os preços, salários e tributos. Os resultados do modelo de equilíbrio geral, portanto, representam valores monetários reais.

Por fim, cumpre esclarecer que os dados utilizados para a estimação das curvas de oferta e demanda e, por conseguinte, das simulações do equilíbrio parcial, são atualizados mensalmente, sendo possível, portanto, incorporar valores mais contemporâneos às análises técnicas, à medida que for preciso usar o modelo para contextos mais recentes.

5.3. Estimação da Curva de Demanda

5.3.1. Modelos adotados para estimação da curva de demanda

A estimação da demanda por óleo diesel B é determinada por uma série de distintos processos de maximização, considerando que esse combustível é utilizado em setores econômicos variados, como transporte de passageiros, transporte de cargas, geração de energia elétrica, agricultura e indústria. Devido a essa variedade de usos, a estimação da demanda do óleo diesel B pode ser representada como uma função de variáveis relacionadas à atividade econômica, como o tamanho da frota, conforme descrito na Equação 10.

$$Y_{it} = f(PR_{it}; Frota_{it}) + \varepsilon_{it} \qquad \textit{(Equação 10)}$$

Onde:

Y_{it}: volume de óleo diesel B vendido na unidade da federação *i* durante o mês *t*;

- PR_{it}: preço médio do óleo diesel B ao consumidor final, nas revendas varejistas de combustíveis líquidos, na unidade da federação *i* durante o mês *t*;
- $Frota_{it}$: frota de veículos movidos a óleo diesel na unidade da federação *i* durante o mês *t*;
- ε_{it}: termo de erro da equação.

A variável $Frota_{it}$ visa a incorporar a representatividade do setor de transportes, a partir de veículos movidos a combustível do ciclo diesel e servir como uma *proxy* do nível da atividade econômica; por fim, são definidas *dummies* que identificam as unidades da federação.

A Equação 10 passa a ser expressa conforme especificação da Equação 11, a seguir:

$$Y_{it} = \alpha_1 . PR_{it} + \alpha_2 . Frota_{it} + \varepsilon_{it} \qquad \textit{(Equação 11)}$$

Com vistas a garantir a consistência dos parâmetros estimados para a curva de demanda, adota-se a seguinte premissa a respeitos dos interesses do consumidor sobre os combustíveis consumidos:

(Premissa 1) Interesse dos consumidores → aos consumidores interessa apenas o total da energia produzida pelo combustível.

Essa premissa significa que o consumidor considera todo o biodiesel misturado ao óleo diesel fóssil como um biocombustível homogêneo, independente da usina produtora de onde é proveniente e sem distinção quanto a questões de qualidade. Isso significa que os coeficientes não são afetados pela mudança do mandato de biodiesel no óleo diesel, o que é condizente com a ideia de que o uso de qualquer biodiesel no mandato deve ser precedido de testes em motores, os quais foram realizados, desde o início do PNPB, para viabilizar a evolução do teor para os valores de 5%, 10% e 15% [148].

Para a estimação da curva de demanda foram realizadas regressões econométricas com dados em painel, combinando dados *cross-section* (27 unidades da federação) e dados em séries temporais (entre janeiro de 2013 e julho de 2021), aplicando quatro métodos distintos, com vistas à identificação do modelo que melhor represente a realidade, os quais são detalhados a seguir:

- *(Método 1)* Estimação por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) com efeitos fixos (EF);

- *(Método 2)* Estimação por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) com efeitos aleatórios (EA);
- *(Método 3)* Estimação por Mínimos Quadrados em Dois Estágios com Variáveis Instrumentais (MQ2E-IV) e com efeitos fixos (EF); e
- *(Método 4)* Estimação por Mínimos Quadrados em Dois Estágios com Variáveis Instrumentais (MQ2E-IV) e com efeitos aleatórios (EA).

As variáveis instrumentais são utilizadas para controlar a existência de endogeneidade gerada pela existência de equações simultâneas. Foram selecionados três instrumentos para serem regredidos em relação ao preço médio do óleo diesel B ao consumidor final, na unidade da federação *i* durante o mês *t* (PR_{it}):

- PD_{it}: preço médio do óleo diesel B para os distribuidores de combustíveis líquidos, na unidade da federação *i,* durante o mês *t*;
- $Import_t$: preço médio de importação de óleo diesel A no mês *t*;
- $Salário_{it}$: remuneração média do trabalho, na unidade da federação *i,* durante o mês *t*.

No caso da relação econômica do mercado de óleo diesel, os instrumentos selecionados operam como alteradores da estrutura de custos para a oferta do produto. Dito em outras palavras, os instrumentos impactam no custo marginal de produção da indústria de óleo diesel B e geram deslocamentos na curva de oferta de diesel B, embora não afetem o lado da demanda. Por esse motivo, as variáveis instrumentais são exógenas.

5.3.2. Interpretação dos resultados de estimação dos modelos propostos

A partir da metodologia proposta, os resultados da estimação da curva de demanda são apresentados na Tabela 37.

Tabela 37. Estimação da curva de demanda através de quatro modelos estatísticos.

Variáveis	**Modelo 1**	**Modelo 2**	**Modelo 3**	**Modelo 4**
	MQO Efeitos Fixos	**MQO Efeitos Aleatórios**	**MQ2E (IV) Efeitos Fixos**	**MQ2E (IV) Efeitos Aleatórios**
Variável Dependente	Y_{it}	Y_{it}	Y_{it}	Y_{it}
Variáveis Independentes				

PR_{it}	-21,41635 (4,738491) p-valor: 0.0000	-16,39542 (4,695670) p-valor: 0.0005	-18,82780 (5,424434) p-valor: 0.0005	-11,42561 (4,865668) p-valor: 0.0189
$Frota_{it}$	1,555240 (0,025538) p-valor: 0.0000	1,364846 (0,021289) p-valor: 0.0000	1,454031 (0,115735) p-valor: 0.0000	1,224510 (0,272164) p-valor: 0.0000
Instrumentos				
PD_{it}	Não	Não	Sim	Sim
$Salários_{it}$	Não	Não	Sim	Sim
$Import_{it}$	Não	Não	Sim	Não
Dummies (Estados)	Sim	Não	Sim	Não
Dummies (Tempo)	Sim	Sim	Sim	Sim
Número de Observações	2781	2781	2769	2769
R^2 Ajustado	0,984608	0,708295	0,984523	0,544811
Teste de Hausman	p-valor > 0,05 Não há diferença entre estimativas de efeitos fixos e aleatórios		p-valor > 0,05 Não há diferença entre estimativas de efeitos fixos e aleatórios	

A partir dos resultados relatados na Tabela 37, é possível analisar os valores dos coeficientes apresentados nas regressões com os quatro métodos de estimação propostos.

A primeira coluna da Tabela 37 mostra o resultado da estimação do Modelo 1 pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários, fazendo uso de um estimador de efeitos fixos através da adoção de variáveis *dummies* para as unidades federadas e para o tempo. Todos os coeficientes foram válidos e estatisticamente significantes a 1%. O impacto dos preços de revenda do óleo diesel B sobre o volume de óleo diesel vendido ao consumidor final é negativo, conforme se espera da intuição econômica, devendo ser interpretado no sentido de que cada um real por metro cúbico (R$/m³) de elevação no preço de revenda gerará uma redução de 21,42 metros cúbicos na quantidade demandada de óleo diesel B. A relação entre a frota de veículos pesados e a demanda por óleo diesel é positiva, de modo que a elevação de um veículo na frota gera um incremento de 1,56 metros cúbicos na demanda por diesel. Deve-se ressaltar que esse modelo trouxe um coeficiente de R^2 Ajustado de 0,984608, indicando o elevado poder explicativo do modelo.

A segunda coluna da Tabela 37 traz os resultados da estimação do Modelo 2 por MQO com efeitos aleatórios, ou seja, sem fixar os efeitos com o uso de *dummies* para as unidades federadas. Todos os coeficientes foram válidos e estatisticamente significativos

a 1%. Os resultados apresentaram o mesmo sentido da relação entre as variáveis: negativamente para o preço de revenda e positivamente para a frota. A interpretação indica que cada um real por metro cúbico (R$/m³) de elevação no preço de revenda gerará uma redução de 16,39 metros cúbicos na quantidade demandada de óleo diesel B e que a elevação de um veículo na frota gerará um incremento de 1,36 metros cúbicos na demanda por diesel. O coeficiente R^2 Ajustado do modelo é de 0,708295, indicando um poder explicativo menor do que o modelo sob efeitos fixos.

Na comparação entre o Modelo 1 e o Modelo 2, observa-se que os parâmetros apresentam valores relativamente próximos, embora o Modelo 1 apresente maior R^2 Ajustado e tenha, tanto para a variável PR_{it} quanto para a variável $Frota_{it}$, coeficientes que indicam maior impacto sobre a venda de óleo diesel ao consumidor final do que no Modelo 2.

Os Modelos 3 e 4 adotam variáveis instrumentais através do método dos Mínimos Quadrados em Dois Estágios (MQ2E) para efeitos fixos e efeitos aleatórios, respectivamente. A hipótese de estimação com instrumentos deriva da possível endogeneidade existente no regressor PR_{it} e do potencial problema de endogeneidade derivada da adoção de equações simultâneas. Como mencionado anteriormente, os instrumentos utilizados são o preço de distribuição do óleo diesel PD_{it}, o preço de importação de óleo diesel $Import_t$ e a média salarial $Salários_{it}$; todos eles funcionam como fatores de deslocamento da curva de oferta, posto que afetam o custo marginal de produção da indústria, ou seja, os instrumentos podem ser considerados exógenos em relação à curva de demanda. A regressão de PR_{it} em relação a esses instrumentos é apresentada na Tabela 38 e demonstra elevado poder explicativo da regressão, haja vista o R^2 Ajustado de 0,978003 e a estatística F de 41.024, consideravelmente superior ao valor de 10 apontado por STOCK *et al.* [149] para exclusão de instrumentos fracos.

Tabela 38. Regressão das variáveis instrumentais sobre o preço de revenda do óleo diesel ao consumidor final.

Variável Dependente: PR_{it}
Método: MQO para Dados em Painel
Tamanho da Amostra: 2781
Cross-sections incluídas: 27
Períodos incluídos: 103

Instrumentos		Coeficiente	Erro Padrão	p-valor
	C	-3.022,063	26,23675	0.0000
PD_{it}		1,454391	0.011200	0.0000

$Salários_{it}$	2,342453	0.007820	0.0000
$Import_t$	0,008469	0.004556	0.0632
R^2 Ajustado	0,978003		
Estatística F	41.024,23		
Prob(Estatística F)	0.000000		

A Tabela 38 retorna os resultados da regressão dos dados em painel por Mínimos Quadrados Ordinários das variáveis instrumentais sobre o preço de revenda do óleo diesel. O sentido dos coeficientes segue a intuição econômica, haja vista que a relação entre as variáveis explicativas e a variável explicada é positiva em todos os casos, ou seja, o aumento do preço de distribuição e do preço de importação do óleo diesel, assim como o aumento da massa salarial, geram elevação do preço de revenda do óleo diesel ao consumidor final. Os instrumentos PD_{it} e $Salários_{it}$ são significativos a 1%, ao passo que $Import_t$ é significativo a 10%.

O Modelo 3 utiliza as variáveis instrumentais para estimar a curva de demanda através do método dos Mínimos Quadrados em Dois Estágios com Efeitos Fixos. O resultado demonstra que todos os coeficientes foram válidos e estatisticamente significativos a 1%. O impacto dos preços de revenda do óleo diesel B sobre o volume de óleo diesel vendido ao consumidor final é negativo, devendo ser interpretado no sentido de que cada um real por metro cúbico (R$/m³) de elevação no preço de revenda gerará uma redução de 18,88 metros cúbicos na quantidade demandada de óleo diesel B. A relação entre a frota de veículos pesados e a demanda por óleo diesel é positiva, e a elevação de um veículo na frota gera um incremento de 1,45 metros cúbicos na demanda por diesel. A estimação desse modelo trouxe um coeficiente de R^2 Ajustado de 0,984523, evidenciando seu alto poder explicativo. Ao se compararem esses resultados do Modelo 3 com aqueles do Modelo 1, no qual se estimou a regressão por MQO por Efeitos Fixos sem o uso de instrumentos, percebe-se que os coeficientes são consideravelmente menores ao se introduzirem as variáveis instrumentais. De fato, o coeficiente de PR_{it} é 13,7% superior no Modelo 1 frente ao Modelo 3, ao passo que o coeficiente de $Frota_{it}$, na mesma comparação, é 7% superior.

Por fim, o Modelo 4 representa a estimação da demanda através do método dos Mínimos Quadrados em Dois Estágios com Efeitos Aleatórios. Todos os coeficientes foram válidos e estatisticamente significativos, sendo o coeficiente de PR_{it} a 5% e o de

$Frota_{it}$, a 1%. Os resultados apresentaram o mesmo sentido da relação entre as variáveis: negativamente para o preço de revenda e positivamente para a frota. De acordo com essas estimativas, cada um real por metro cúbico (R$/m³) de aumento no preço de revenda gerará uma redução de 11,43 metros cúbicos na quantidade demandada de óleo diesel B e a elevação de um veículo na frota gerará um incremento de 1,22 metros cúbicos na demanda por diesel. O coeficiente R^2 Ajustado do modelo é de 0,544811, indicando um poder explicativo menor do que o modelo sob efeitos fixos.

Também neste caso, a adição das variáveis instrumentais no Modelo 4, sob efeitos aleatórios, representou, em relação ao Modelo 2, estimado sob MQO, uma redução do valor dos parâmetros estimados: o coeficiente de PR_{it} é 43,49% superior no Modelo 2 frente ao Modelo 4, ao passo que o coeficiente de $Frota_{it}$, na mesma comparação, é 11,46% superior.

5.3.3. Seleção do modelo representativo da curva de demanda

Para a escolha do melhor modelo a ser utilizado, torna-se necessário decidir entre:

i. Modelo com efeitos fixos e modelo com efeitos aleatórios;

ii. Modelo estimado via MQO e modelo estimado via MQ2E com variáveis instrumentais.

Para caso indicado em (i), ou seja, a seleção entre os modelos de efeitos fixos e aqueles de efeitos aleatórios, adota-se o Teste de Hausman. Esse teste, apresentado por HAUSMAN [150] em 1978, tem como hipótese nula a igualdade entre os estimadores obtidos sob efeitos fixos e aleatórios, contra a hipótese alternativa de diferença entre as estimativas. As hipóteses do teste são descritas a seguir:

- Hipótese Nula: os efeitos individuais não observáveis não estão correlacionados com as variáveis explicativas do modelo, indicando a igualdade entre os estimadores obtidos no modelo de efeitos fixos e de efeitos aleatórios.

- Hipótese Alternativa: os efeitos individuais não observáveis estão correlacionados com as variáveis explicativas do modelo, indicando a diferença entre os estimadores obtidos no modelo de efeitos fixos e de efeitos aleatórios e, consequentemente, a preferência pelo modelo de efeitos fixos.

No caso de rejeição da hipótese nula, com p-valor < 0.05, assume-se que os efeitos omitidos são correlacionados com as variáveis estimadas, de modo que o modelo com

efeitos fixos é mais apropriado do que o modelo com efeitos aleatórios. Por outro lado, no caso de aceitação da hipótese nula, com p-valor > 0.05, as estimativas de ambas as regressões não apresentam diferença estatisticamente relevante, devendo-se avaliar qual modelo melhor explica a realidade.

Dois Testes de Hausman foram aplicados: o primeiro para comparar os modelos de regressão sob MQO (modelos 1 e 2) e o segundo para comparar os modelos sob MQ2E com variáveis instrumentais (modelos 3 e 4). Os resultados, em ambos os casos, indicaram p-valor > 0.05, conforme apresentado na Tabela 37, confirmando a igualdade entre os estimadores obtidos no modelo de efeitos fixos e de efeitos aleatórios. Em consequência, como os valores do R^2 Ajustado dos modelos com efeitos fixos são consideravelmente maiores do que aqueles obtidos para os modelos com efeitos aleatórios, optou-se por preferir os modelos com efeitos fixos. Essa escolha encontra também respaldo na literatura, conforme lecionado por WOOLDRIDGE [151], que afirma que o estimador sob efeitos fixos é naturalmente mais robusto do que o estimador sob efeitos aleatórios, haja vista que enquanto este depende da validade da hipótese de independência face às características individuais da série dos dados para ser considerado consistente e eficiente, o estimador sob efeitos fixos não necessita dessa suposição para alcançar a consistência.

Para o caso indicado em (ii), ou seja, para a escolha entre o modelo MQO e o modelo MQ2E com variáveis instrumentais, não apenas os resultados apresentados na Tabela 38, como também a evidência empírica, suportam a existência de endogeneidade. Desse modo, o modelo estimado pelo método de Mínimos Quadrados em Dois Estágios com variáveis instrumentais é estatisticamente mais adequado do que o estimado por Mínimos Quadrados Ordinários.

Três conclusões podem ser enunciadas:

i. O Modelo 3 se mostra como o mais adequado para representar a curva de demanda por óleo diesel B e, baseado nessa escolha, os coeficientes da variável PR_{it} (-18,82780) e $Frota_{it}$ (1,454031) serão usados para construir as simulações do equilíbrio parcial e da análise de bem-estar nas seções seguintes;

ii. As características individuais dos dados do painel, representados pelas unidades da federação (*cross-section*), produzem efeitos regionais relevantes e que são

corroborados pelo maior poder explicativo dos modelos de efeitos fixos, cujos R^2 ajustados são significativamente maiores aos modelos de efeitos aleatórios; e

iii. A evidência acerca da presença de endogeneidade indica a adequação do modelo de Mínimos Quadrados em Dois Estágios com variáveis instrumentais (MQ2E-IV), e que as variáveis instrumentais são exógenas em relação à curva de demanda, haja vista afetarem os custos marginais de produção e funcionarem como fatores de deslocamento da curva de oferta da indústria.

5.4. Estimação da Curva de Oferta

Com vistas a estimar a curva de oferta de biodiesel, foram utilizados os dados do leilão de biodiesel que, simultaneamente, fossem os mais recentes possíveis e se referissem a um período de comercialização que abrangesse o último mês da série histórica utilizada para a estimação da curva de demanda. Como o mês mais recente da série histórica é julho de 2021, foram recuperados os dados do 80º leilão de biodiesel, ocorrido em junho de 2021 para comercialização no bimestre de julho e agosto de 2021.

A estimação da curva de oferta da indústria de biodiesel envolve a projeção do custo marginal de produção do biodiesel para distintas quantidades do produto. Em relação ao conjunto de custos dos produtores de biodiesel, deve-se ressaltar que esses custos não são explícitos, de modo que para se obter a curva de oferta torna-se necessária a adoção de quatro premissas a respeito da dinâmica produtiva e de interação concorrencial entre as usinas nos leilões de biodiesel.

Essas premissas são sintetizadas a seguir:

(Premissa 1) Estrutura de mercado → os produtores de biodiesel estão em competição perfeita.

(Premissa 2) Capacidade de oferta → os produtores de biodiesel podem produzir e vender até o limite de sua capacidade autorizada de produção.

(Premissa 3) Custo marginal de produção → o custo marginal de produção pelas usinas de biodiesel é constante.

(Premissa 4) Curva de oferta do mercado → a curva de oferta do mercado é a soma horizontal das curvas de oferta das usinas de biodiesel.

A *Premissa 1* ancora-se em três fatos do mercado, já explicitados anteriormente: primeiramente, a existência de um nível de capacidade ociosa relevante ao longo de toda

a série histórica; em segundo lugar, a evolução dos indicadores de concentração de mercado IHH e C4 demonstram um processo contínuo de desconcentração da indústria de biodiesel no Brasil (conforme demonstrado no capítulo introdutório); em terceiro lugar, a sistemática dos leilões propicia um processo competitivo entre as usinas para a venda do biodiesel nos certames, o que se manifesta através da prática reiterada de discriminação de preços na oferta de lotes de biodiesel nos leilões, e de reajustes dos preços para baixo na Etapa 4 dos certames com vistas a atrair a preferência dos licitantes na Etapa 5. Consequentemente, desses fatos deriva que, nos certames a competição entre as usinas pela venda de suas produções, tende a ser acirrada.

A *Premissa 2* traz embutido o limite técnico de produção, balizado pela capacidade produtiva da usina, o que se coaduna com as regras definidas na norma regulatória da ANP para a produção de biocombustíveis. Nos termos da Resolução ANP nº 734, de 28 de junho de 2018, os produtores de biodiesel somente podem operar se obtiverem autorização da agência reguladora para o exercício da atividade, autorização esta que avalia a comprovação, não apenas da capacidade produtiva da planta, como também da prova de que a unidade pode operar com a capacidade máxima de produção declarada, entendida esta como a vazão volumétrica de produção, considerando a capacidade máxima de utilização dos equipamentos industriais.

A *Premissa 3* é usualmente adotada em modelagem econômica como premissa padrão, sendo largamente utilizada na literatura tanto do ponto de vista teórico [152–155] quanto empírico [156–158].

A *Premissa 4* refere-se à suposição microeconômica padrão, segundo a qual a curva de oferta da indústria equivale à soma das curvas de oferta das firmas (usinas de biodiesel) que formam a indústria [159]. Nesses termos, a curva de oferta do mercado de biodiesel pode ser definida conforme a Equação 12.

$$O_i(c) = \sum_{i=1}^{n} o_i(c) \qquad \textit{(Equação 12)}$$

Onde:

- $O_i(c)$: função representativa da curva de oferta da indústria de biodiesel;
- $o_i(c)$: função representativa da curva de oferta da usina produtora de biodiesel (firma) *i*;
- *c*: preço do biodiesel arrematado no leilão; e

- n: número de usinas produtoras de biodiesel.

Para a construir a curva de oferta da indústria, foram utilizados dados do 79º e 80º leilões públicos, referentes aos bimestres de maio-junho e de julho-agosto de 2021, para se obter os valores dos custos marginais das firmas, e os dados de julho de 2021 para obter as capacidades autorizadas de produção de cada usina. Todos esses dados são oriundos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. A escolha dessas datas representa a informação mais atual disponível a respeito dos custos marginais estimados, e das capacidades produtivas das usinas de biodiesel, o que se coaduna com a necessidade de que a curva de oferta reflita o *modus operandi* corrente da indústria.

As usinas de biodiesel não têm participação uniforme no mercado, e por esse motivo as curvas de oferta das firmas são configuradas de modos distintos para compor a curva de oferta da indústria. Isso ocorre porque há duas situações principais envolvendo os produtores de biodiesel, que afetam a dinâmica de oferta de biodiesel no mercado: por um lado, há usinas que são autorizadas pela ANP para produzir biodiesel, mas não participam dos leilões públicos e, portanto, não comercializam o biocombustível nos leilões; por outro lado, há as usinas que são autorizadas a produzir biodiesel e participam dos leilões, realizando assim oferta do biocombustível nos certames, seja ele arrematado ou não pelos distribuidores.

Dessa duplicidade de perfil dos produtores, emergem dois grupos representativos, sobre os quais recaem premissas adicionais e específicas, fazendo com que as curvas de oferta individual das firmas difiram em suas especificações. Os grupos são assim enunciados:

- *Grupo 1*: produtores de biodiesel autorizados pela ANP e que não participam dos leilões, seja por não ter sido habilitado, seja por não ter realizado oferta de produto para ser arrematado; e
- *Grupo 2*: produtores de biodiesel autorizados pela ANP e que participam dos leilões, ofertando o produto para ser arrematado.

Como a curva de oferta da indústria $-\ O_i(c)\ -$ é a soma horizontal das curvas de oferta das usinas $-\ o_i(c)$, deve-se compreender a formulação de $o_i(c)$ para cada um dos dois grupos representativos, como demonstrado nas Equações 13 e 14 a seguir.

$$Grupo\ 1 \rightarrow o_i(c) = \begin{cases} q_i = 0,\ c < PMR_i \\ 0 \leq q_i \leq C_i,\ c = PMR_i \\ q_i > C_i,\ c > PMR_i \end{cases} \qquad \textit{(Equação 13)}$$

$$Grupo\ 2 \rightarrow o_i(c) = \begin{cases} q_i = 0,\ c < PI_i \\ 0 \leq q_i \leq C_i,\ c = PI_i \\ q_i > C_i,\ c > PI_i \end{cases} \qquad \textit{(Equação 14)}$$

Onde:

- PMR_i: preço-teto do leilão de biodiesel para a região onde está localizada a usina produtora *i* (preço máximo de referência);
- q_i: quantidade de biodiesel ofertada pela usina produtora *i*;
- PI_i: preço inicial de oferta de biodiesel pela usina produtora *i; e*
- C_i : capacidade de produção autorizada pela ANP para a usina produtora *i.*

Essas formulações são ancoradas em suposições plausíveis acerca dos custos marginais das firmas pertencentes a cada um dos grupos. Embora a estrutura de custos das usinas de biodiesel não seja visível, aquelas que participam dos leilões e realizam ofertas de biodiesel para ser arrematado pelos licitantes, a determinado preço inicial, ao fazê-lo, sinalizam seu interesse em vender o produto a partir desse valor. Desse modo, para esses casos, o preço inicial de oferta pode ser considerado uma *proxy* para o custo marginal da firma, o que se aplica às usinas do *Grupo 2*, como explicitado nas condicionantes da Equação 14, através das expressões $c < PI_i$, $c = PI_i$ e $c > PI_i$.

Entretanto, no *Grupo 1*, como as usinas de biodiesel não participam dos leilões, isso pode ser interpretado, para fins de simplificação, que o Preço Máximo de Referência (PMR) da região onde se localiza a usina, funciona como uma barreira à entrada [160]. O valor do PMR, nesse sentido, pode ser visto, conservadoramente, como um limite inferior para o preço inicial de oferta nesses casos e, por conseguinte, uma *proxy* para o custo marginal da usina, como explicitado nas condicionantes da Equação 13 através das expressões $c < PMR_i$, $c = PMR_i$ e $c > PMR_i$.

Os resultados do par ordenado $o_i(c)$ e C_i são apresentados na Tabela 39.

Tabela 39. Capacidades autorizadas e custos marginais de produção das usinas de biodiesel. Fonte: [61, 141–143].

Usina Produtora	Grupo	C_i (mil m³)	CMg_i (R$/litro - base: Jan/2013)
Três Tentos_Ijuí	2	25,50	2,947
BsBios_Passo Fundo	2	39,00	3,009
Bunge_Nova Mutum	2	14,91	3,016
Camera_Ijuí	2	19,50	3,103
Cofco_Rondonópolis	2	30,90	3,114
BsBios_Marialva	2	39,00	3,128
Olfar_Erechim	2	36,00	3,246
Caramuru_Sorriso	2	8,55	3,253
Potencial_Lapa	2	75,00	3,253
Binatural_Formosa	2	13,50	3,259
Caramuru_São Simão	2	18,75	3,321
FugaCouros_Camargo	2	15,00	3,321
Granol_Anápolis	2	46,50	3,321
Oleoplan_Veranópolis	2	39,00	3,321
Olfar_Porangatu	2	54,00	3,321
Caramuru_Ipameri	2	18,75	3,328
ADM_Rondonópolis	2	40,56	3,334
Olfar_Porto Real	2	13,50	3,334
JBS_Lins	2	16,81	3,353
Delta_Cuiabá	2	30,00	3,365
Cargill_Três Lagoas	2	21,00	3,368
Delta_Rio Brilhante	2	18,00	3,396
ADM_Joaçaba	2	15,30	3,415
Oleoplan_Iraquara	2	39,00	3,477
Cooperfeliz_Feliz Natal	2	3,00	3,508
Granol_Porto Nacional	2	24,00	3,508
Minerva_Palmeiras	2	6,00	3,527
Aliança_Rondonópolis	2	0,30	3,540
Bianchini_Canoas	2	34,50	3,540
PBIO_Montes Claros	2	16,36	3,552
Prisma_Sumaré	2	6,00	3,633
PBIO_Candeias	2	25,36	3,640
Bio Vida_Várzea Grande	2	4,50	3,711
Fiagril_Lucas do Rio Verde	2	16,89	3,789
Biopar_Nova Marilândia	2	8,64	3,820
JBS_Campo Verde	2	12,30	4,238
Brejeiro_Orlândia	2	11,01	4,321
Cesbra_Volta Redonda	2	5,00	4,340
Unibras_Floriano	2	7,50	4,374
Bio Brazilian_Barra do Garça	1	2,94	4,890
Bio Óleo_Cuiabá	1	4,50	4,890
Caibiense_Rondonópolis	1	3,00	4,890
Jataí Agroindústria	1	1,50	4,890

SSIL_Rondonópolis	1	1,50	4,890
Taua_Nova Mutum	1	3,00	4,890
Barralcool_Barra do Bugres	1	5,71	4,890
Bocchi_Muitos Capões	1	9,00	4,927
Granol_Cachoeira do Sul	1	28,00	4,927
Amazonbio_Ji Paraná	1	2,70	5,077
Agropaulo_Jaguaruana	1	1,50	5,152

No caso de ambos os grupos, ademais, a *Premissa 3* permite assumir que todo o volume de biodiesel representado pela capacidade produtiva C_i tem o mesmo custo marginal de produção, o que tem relevância simplificadora para a construção da curva de oferta da indústria.

Também em decorrência dos dados apresentados para cada uma das usinas pertencentes a um dos dois grupos definidos anteriormente, torna-se possível calcular uma aproximação para o custo marginal médio das usinas pertencentes a esses grupos e também da indústria de biodiesel como um todo, a partir da média ponderada dos custos marginais individuais das firmas. Os resultados são sintetizados na Tabela 40.

Tabela 40. Custos marginais médios da indústria de biodiesel. Fonte: [61, 141–143].

Grupo	**Número de Usinas**	**Custo Marginal Médio (R$/litro - base: Jan/2013)**
Grupo 1	11	4,926
Grupo 2	39	3,362
Indústria de Biodiesel	50	3,468

Da Tabela 40 se depreende que o custo marginal médio das 11 usinas pertencentes ao *Grupo 1* é de R$ 4,926 por litro, valor 46,5% superior ao custo marginal médio das 39 usinas do *Grupo 2*, cujo custo é de R$ 3,362 por litro. O valor de toda a indústria de biodiesel situa-se no patamar de R$ 3,4668. Esses resultados têm relevância para o cômputo do excedente do produtor nos diversos cenários de teor de biodiesel a serem simulados no presente capítulo.

Devido ao fato de as curvas de oferta das firmas, expressas pelas funções que descrevem o *Grupo 1* e o *Grupo 2*, apresentarem características de descontinuidade, a curva de oferta da indústria também terá um formato de descontinuidade. Porém, o conjunto de premissas assumidas viabilizam projeção da quantidade de biodiesel que será

ofertada para cada preço (deflacionado para valores de janeiro de 2013), configurando a curva $O_i(c)$ conforme a Figura 27.

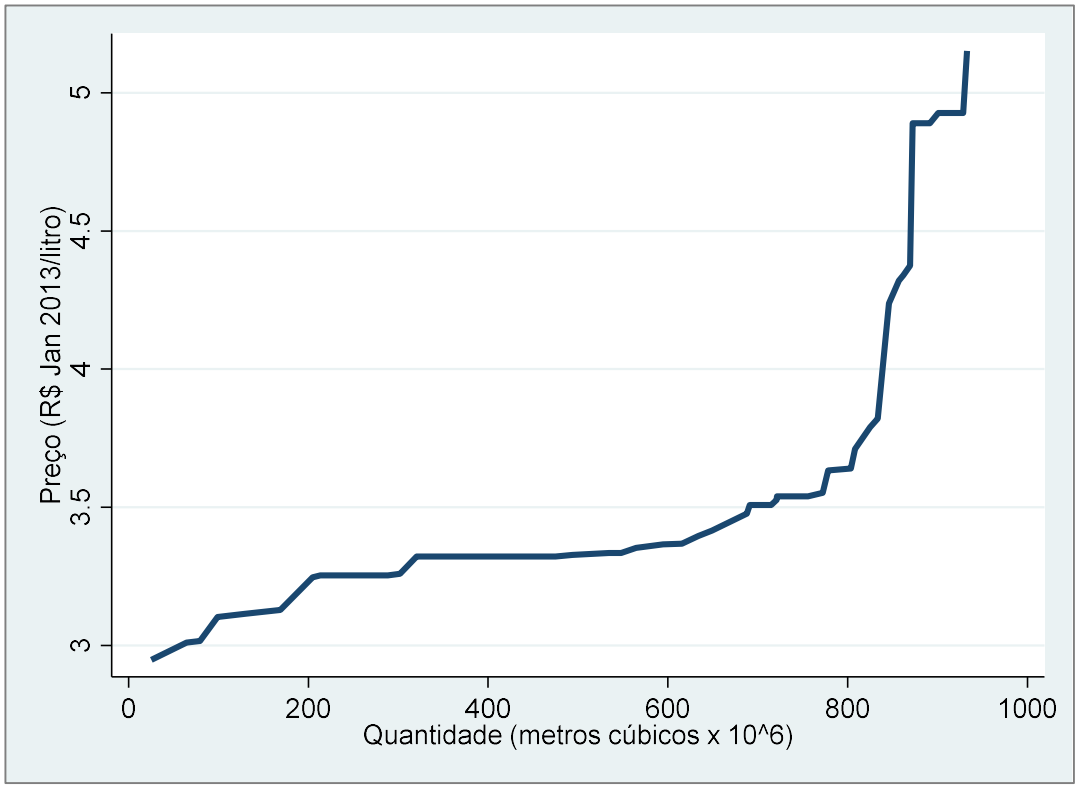


Figura 27. Curva de oferta da indústria de biodiesel em julho de 2021. Fonte: [61, 141–143].

Em termos econômicos, a curva de oferta da indústria representa uma condição estática, no sentido de que expressa a relação entre a quantidade ofertada do produto a um dado preço, mantidos todos os demais fatores constantes (*coeteris paribus*). Isso decorre do fato de que a relação estabelecida se dá apenas entre essas duas variáveis (preço e quantidade), de modo que outras variáveis que afetam a oferta, como mudanças na estrutura de custos de produção, o advento de condições naturais, a adoção de novas tecnologias, a alteração da tributação, a variação do preço de insumos, dentre outros, provocam deslocamentos da curva de oferta.

Em que pese os determinantes de deslocamento da curva de oferta serem relevantes, eles não foram incorporados no modelo para fins de análise estática por dois motivos. Primeiramente, existe significativa complexidade de se conhecer os valores reais das estruturas de custos de cada firma atuante no mercado de biodiesel, de modo que o mapeamento desses fatores que causam o deslocamento da curva de oferta da indústria se torna inviável. Em segundo lugar, o objetivo do modelo é específico: avaliar, *coeteris*

paribus, o impacto da alteração do mandato do biodiesel sobre os preços finais do óleo diesel, o que se coaduna com a hipótese de manutenção constante, no curto e curtíssimo prazos, dos fatores que deslocam a curva de oferta do biodiesel, haja vista a necessidade de algum tempo para que haja mudança de patamar dos valores dessas variáveis.

5.5. Equilíbrio Parcial de Mercado e Análise de Bem-Estar

5.5.1. Equilíbrio Parcial de Mercado

5.5.1.1. Premissas

A cadeia de abastecimento de óleo diesel ao consumidor final é composta por uma série de agentes, desde o produtor de biodiesel e o produtor ou importador de óleo diesel fóssil, até o revendedor varejista, passando pelo distribuidor de combustíveis. Nesse contexto, as usinas de biodiesel são um dos elos de uma estrutura mais ampla e o biodiesel é um dos elementos que compõe o preço do óleo diesel B adquirido pelos consumidores [161], de modo que, para se analisar o impacto da variação do mandato de biodiesel sobre esse preço, deve-se levar em consideração a interação entre todos os agentes ao longo da cadeia de abastecimento.

Em termos didáticos, esse conjunto de agentes que compõe o fornecimento, a distribuição e a revenda de óleo diesel pode ser dividido de acordo com sua posição na cadeia de abastecimento. Ao passo que os produtores e importadores representam o *midstream*, os distribuidores e revendedores fazem parte do *downstream* da cadeia de suprimento do óleo diesel B. A metodologia adotada baseia-se na análise do modo como os agentes dos segmentos de revenda e distribuição reagem a determinada alteração dos preços das firmas do elo de fornecimento.

A análise do comportamento dos preços do óleo diesel ao longo da cadeia, em conjunto com as margens de realização dos distribuidores e dos revendedores, a partir de dados da ANP, permite obter informações acerca do modo de transmissão de preços ao longo da cadeia e verificar os padrões e eventuais assimetrias no processo. Para isso, apresentam-se as seguintes variáveis: preço do óleo diesel A ao produtor, preço do biodiesel ao produtor, preço do óleo diesel B ao distribuidor, margem média da distribuição, preço do óleo diesel B ao revendedor, margem média da revenda.

O resultado é sintetizado na Figura 28, com os preços praticados entre janeiro de 2013 e julho de 2021, em valores nominais.

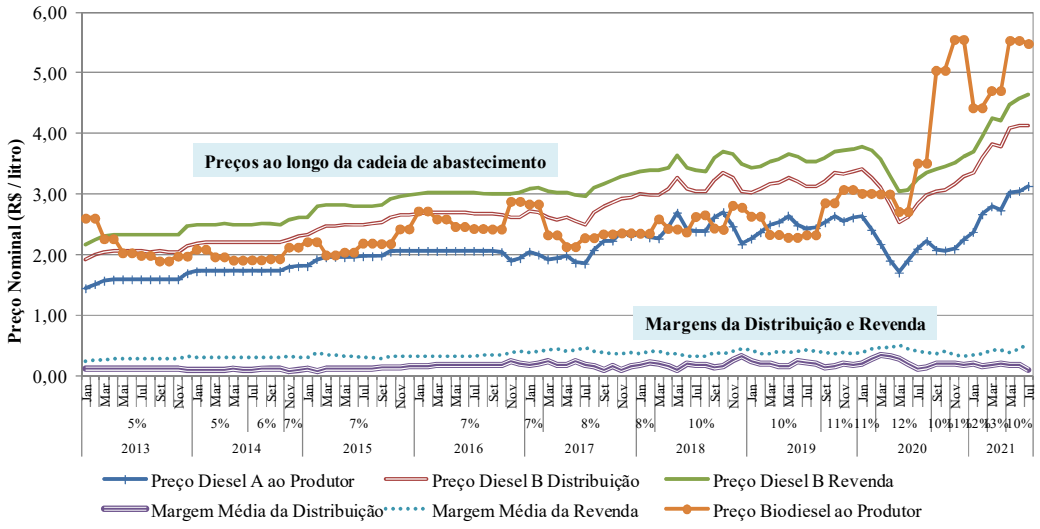


Figura 28. Comportamento dos componentes do preço do óleo diesel B ao longo da cadeia de abastecimento. Fonte: [161].

A Figura 28 demonstra alguns fatos a respeito do funcionamento dos preços ao longo da cadeia de abastecimento do óleo diesel ao consumidor final, descritos a seguir:

i. Existe um padrão de comportamento similar para os preços do óleo diesel praticados no fornecedor, no distribuidor e no revendedor, o que se verifica pelo movimento das curvas ao longo da série histórica;

ii. A distância entre as curvas de preços do distribuidor e do revendedor é praticamente estável durante o período considerado, o que é indicativo de que os agentes do *downstream* normalmente repassam os choques oriundos do elo de fornecimento aos consumidores finais. Traduzido em outros termos, esse fato aduz a uma aplicação de um *mark-up* relativamente fixo, em termos nominais, sobre os custos marginais do produto;

iii. Em consequência do ponto supramencionado, há que se pontuar a existência de assimetrias na transmissão dos preços (ATP) no mercado de óleo diesel no Brasil. O tema da transmissão de preços de combustíveis é amplamente tratado na literatura internacional e nacional [162–169] e busca identificar os determinantes para o descolamento de preços ao longo da cadeia de abastecimento. É possível, ainda, citar diversos outros estudos, em variadas partes do mundo, incluindo no Brasil, que demonstram que a ocorrência de ATP é comum em diversos mercados, inclusive nos pulverizados, como o mercado de revenda de combustíveis líquidos. Nessa seara, a ANP debruçou-se sobre o assunto e produziu notas técnicas cujas

conclusões, em seu conjunto, podem ser simplificadas nas seguintes assertivas: (i) via de regra, o distribuidor e o revendedor repassam os reajustes dos preços de óleo diesel praticado pelos produtores, porém com um lapso temporal e em patamares diversos, o que igualmente coaduna a teoria da assimetria de transmissão de preços nos diferentes elos da cadeia de abastecimento de combustíveis; (ii) o sentido dos reajustes é o mesmo, mas com defasagem temporal e valores distintos; (iii) em média, a defasagem temporal é de aproximadamente 2 semanas; (iv) em média, os reajustes positivos são mais aderentes ao longo da cadeia do que os reajustes negativos; e (v) nos reajustes negativos, apenas cerca de 70% das reduções de preços na etapa de fornecimento (produtores e importadores) chegam ao final da cadeia de abastecimento, nas bombas dos postos revendedores [170–172];

iv. O preço do biodiesel não afeta o modo como o produtor de óleo diesel A precifica seu produto;

v. Após o ano de 2020, com o advento da pandemia da Covid-19 e o encarecimento das *commodities* no mercado internacional, observou-se uma ruptura no comportamento das variáveis quando comparado a períodos anteriores. Mencionam-se três fatos: primeiro, o preço do biodiesel no mercado brasileiro encareceu sobremaneira, acompanhando o avanço das cotações do óleo de soja e da soja em grão, principal matéria-prima da produção nacional, levando a um aumento abrupto de preço do óleo diesel ao produtor; segundo, os preços do óleo diesel ao longo da cadeia sofreram elevação substancial, tendo essa elevação ocorrido nos elos do produtor, do distribuidor e do revendedor, e nos três casos o movimento dos preços indicou relativa estabilidade em relação à transmissão dos preços no processo de abastecimento; terceiro, o comportamento das margens médias da distribuição e da revenda sofre, inicialmente e de modo conjunto, um movimento de redução acentuada com o advento da pandemia a partir de março de 2020 até o mês de setembro de 2020, quando a margem média da revenda se recupera, ao passo que a margem média do distribuidor acentua sua queda. Esse movimento é mais bem detalhado na Figura 29.

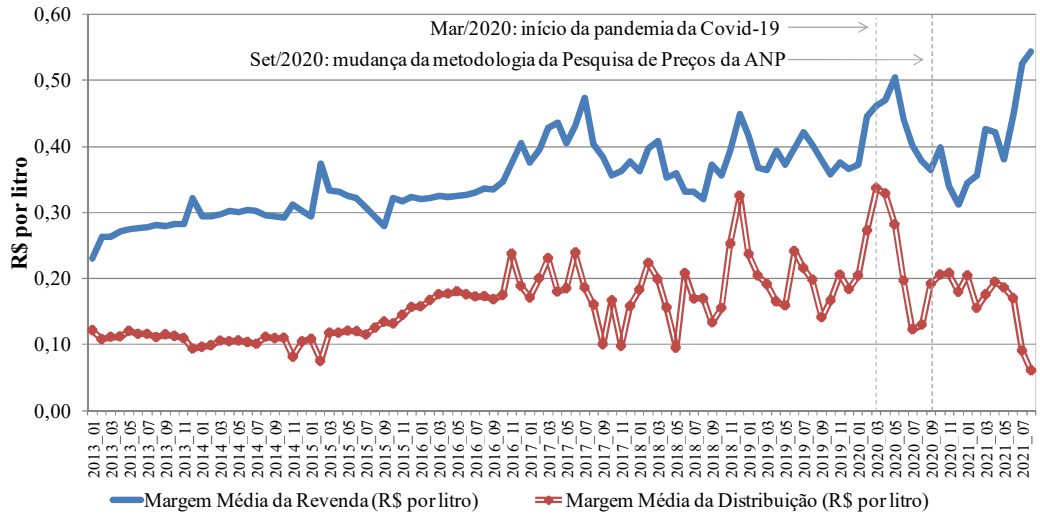


Figura 29. Evolução das margens médias da distribuição e da revenda entre 2013 e 2021. Fonte: [138].

A Figura 29 mostra a evolução das margens médias de distribuição e de revenda entre 2013 e 2021, sendo destacado o movimento apresentado pelas curvas após março de 2020. Deve-se observar que a alteração do comportamento das margens após setembro de 2020 foi causada por uma mudança na metodologia da Pesquisa de Preços adotada pela ANP, a qual é a fonte dos dados não apenas dos preços de distribuição e revenda, como também das margens desses segmentos.

O Levantamento de Preços de Combustíveis (LPC) substituiu, em setembro de 2020, o Levantamento de Preços e de Margens de Comercialização de Combustíveis (LPMCC), e tem seus procedimentos estabelecidos pela Portaria ANP nº 202/2000. A alteração mais relevante, para a finalidade do presente estudo, foi o fato de a pesquisa não mais abranger os dados de preços dos distribuidores de combustíveis, os quais passaram a declarar essas informações diretamente à Agência. Consequentemente, a margem média do distribuidor, que anteriormente era um dado pesquisado amostralmente, passou a ser declarado à ANP por todos os distribuidores, o que explica a mudança no comportamento desses dados nos meses finais da série. Essa mudança, embora relevante ser destacada, não prejudica o exercício de análise do bem-estar a ser proposto na seção seguinte, haja vista que a informação da margem do distribuidor na nova metodologia tem maior precisão em relação à realidade.

Esse processo dinâmico de formação dos preços do óleo diesel conduz a uma estrutura de composição do preço que pode ser sintetizada, em uma análise estática, nos

dados da Tabela 41. Nessa tabela são trazidas as informações, regional e nacionalmente, em R$ por litro e em percentual de composição, para o óleo diesel B S10 e S500, dos seguintes componentes desagregados:

Tabela 41. Decomposição do preço do óleo diesel B no mês de julho de 2021. Fonte: [173].

ÓLEO DIESEL S10	Brasil		Sudeste		Sul		Centro-Oeste		Norte		Nordeste	
Ref.: 25/07/2021 a 31/07/2021	Valor (R$/litro)	%	Valor (R$/litro)	%	Valor (R$/litro)	%	Valor (R$/litro)	%	Valor (R$/litro)	%	Valor (R$/litro)	%
Preço Produtor Diesel A S10 sem tributos	2,56	55,0%	2,65	57,1%	2,53	56,8%	2,63	54,8%	2,48	51,4%	2,45	51,9%
Preço do biodiesel c/ frete e tributos federais	0,53	11,5%	0,53	11,5%	0,53	12,0%	0,53	11,1%	0,53	11,0%	0,53	11,3%
Tributos Federais do Diesel A (PIS/Pasep, Cofins, Cid	0,33	7,1%	0,33	7,1%	0,33	7,4%	0,33	6,9%	0,33	6,9%	0,33	7,0%
Tributos Estaduais do Diesel A (ICMS)	0,65	14,0%	0,62	13,5%	0,49	11,0%	0,72	15,0%	0,76	15,8%	0,80	17,0%
Margem Bruta de Distribuição + Revenda	0,58	12,4%	0,50	10,8%	0,57	12,7%	0,59	12,2%	0,72	14,9%	0,60	12,7%
Preço ao Consumidor de Diesel B Comum S10	4,66	-	4,64	-	4,45	-	4,81	-	4,83	-	4,71	-
ÓLEO DIESEL S500	**Brasil**		**Sudeste**		**Sul**		**Centro-Oeste**		**Norte**		**Nordeste**	
Ref.: 25/07/2021 a 31/07/2021	Valor (R$/litro)	%	Valor (R$/litro)	%	Valor (R$/litro)	%	Valor (R$/litro)	%	Valor (R$/litro)	%	Valor (R$/litro)	%
Preço Produtor Diesel A S500 sem tributos	2,52	54,9%	2,56	56,2%	2,51	57,1%	2,62	55,3%	2,46	50,8%	2,43	52,3%
Preço do biodiesel c/ frete e tributos federais	0,53	11,6%	0,53	11,7%	0,53	12,1%	0,53	11,2%	0,53	11,0%	0,53	11,5%
Tributos Federais do Diesel A (PIS/Pasep, Cofins, Cid	0,33	7,2%	0,33	7,3%	0,33	7,5%	0,33	7,0%	0,33	6,8%	0,33	7,1%
Tributos Estaduais do Diesel A (ICMS)	0,64	14,0%	0,61	13,4%	0,49	11,1%	0,72	15,1%	0,77	16,0%	0,78	16,7%
Margem Bruta de Distribuição + Revenda	0,56	12,2%	0,52	11,4%	0,53	12,1%	0,54	11,4%	0,74	15,4%	0,57	12,3%
Preço ao Consumidor de Diesel B Comum S500	4,59	-	4,56	-	4,40	-	4,75	-	4,84	-	4,65	-

Feitas essas considerações, os fatos consubstanciados nas Figuras 27 e 28 e na Tabela 41 permitem a elaboração de algumas premissas acerca do funcionamento do mercado, tanto no *downstream* quanto no *midstream*, as quais são sintetizadas a seguir:

(Premissa 1) Downstream → distribuidores e revendedores aplicam um *mark-up* sobre seus custos de aquisição a título de margem de realização, composto por uma parte invariável com o tempo e uma parte referente ao erro, independente e identicamente distribuído (i.i.d.) com média zero;

(Premissa 2) Midstream → os importadores e produtores de óleo diesel A não alteram seus preços quando o mandato de biodiesel é alterado.

A *Premissa 1* garante que o downstream apresente a melhor resposta a quaisquer valores de preços adotados pelas empresas do midstream, o que tem correspondência nos dados e, como premissa, simplifica as estratégias das firmas do downstream.

A *Premissa 2* também é ancorada no comportamento dos dados, sendo razoável supor que a elevação do teor de mistura de biodiesel no óleo diesel não causa reação nos preços por parte dos produtores e importadores. Por esse motivo, a simulação utilizará o preço do óleo diesel A como variável exógena e constante.

5.5.1.2. Definição do Modelo de Equilíbrio Parcial

Consideradas as premissas anteriormente detalhadas, o preço do óleo diesel ao consumidor final, em determinado mês *t* e unidade da federação *i*, para um teor de biodiesel δ, pode ser expresso pela Equação 15 a seguir especificada:

$$PR_{it} = \delta . PB_t + (1 - \delta) . PF_{it} + ICMS_t + \mu_{it}^{D} + \mu_{it}^{R} \qquad \textit{(Equação 15)}$$

Onde:

- PR_{it}: preço do revendedor para o óleo diesel B no mês *t* na unidade de federação *i*;
- PB_t: preço do produtor para o biodiesel no mês *t* na unidade de federação *i*;
- PF_{it}: preço do fornecedor para o óleo diesel A no mês *t* na unidade de federação *i*;
- $ICMS_t$: valor do ICMS nacional no mês *t,* obtido pelo valor médio ponderado dos ICMS regionais;
- μ_{it}^{D}: *mark-up* do distribuidor no mês *t* na unidade de federação *i*;
- μ_{it}^{R}: *mark-up* do revendedor no mês *t* na unidade de federação *i*; e
- δ: mandato do biodiesel.

Algumas observações devem ser feitas a respeito dessas variáveis e à base de dados que as representa. Em relação à composição do modelo, assume-se aplicação da lei do preço único para o biodiesel (PB_t), de modo que o preço do biodiesel vendido pelos produtores tem abrangência nacional. Essa suposição não contraria a realidade de existirem preços distintos para cada usina produtora de biodiesel, mas sim corrobora a necessidade de se identificar um preço de equilíbrio que conjugará as curvas de oferta e de demanda determinadas pela modelagem econométrica detalhada na seção anterior.

Para o caso do preço do fornecedor para o óleo diesel A (PF_{it}) adotou-se o valor mais recente da série, que no caso foi o mês de julho de 2021 (deflacionado a valores de janeiro de 2013). Já a variável referente ao mandato do biodiesel, também exógena, compõe o critério de simulação previamente determinado, ou seja, a adoção dos cenários de teor de biodiesel entre 6% e 20%.

O ICMS representa um valor médio nacional em determinado mês, obtido a partir de uma média ponderada dos valores dos ICMS regionais, o qual, conforme Tabela 41, foi de cerca de R$ 0,65 por litro de óleo diesel B, no mês de julho de 2021.

É mister destacar também, em relação aos impostos federais (PIS e Cofins), apresentados de modo segregado na Tabela 41, que, embora não apareçam na Equação 15, seus valores encontram-se embutidos nos valores de PB_t e de PF_t. As variáveis PR_{it}, PF_{it}, μ_{it}^{D} e μ_{it}^{R} são, em contrapartida, definidas em nível estadual.

Para o caso dos *mark-ups* do distribuidor e do revendedor, foi utilizada a média, deflacionada a valores de janeiro de 2013, das margens compreendidas entre os meses de fevereiro 2019 e janeiro 2020. A utilização desse período se deve a dois motivos: primeiramente, exclui da média os valores das margens durante a pandemia, período no qual houve oscilação atípica dos valores, conforme explanado; em segundo lugar, a escolha de um período de 12 meses em detrimento de um horizonte temporal mais exíguo visa a expurgar eventual sazonalidade dos dados.

O consolidado desses valores de entrada das variáveis independentes, deflacionados a valores de janeiro de 2013, é apresentado na Tabela 42 a seguir.

Tabela 42. Valores de entrada das variáveis independentes exógenas da Equação 15, em reais por litro. Fonte: [138, 161, 173].

Unidade Federada	PF_t	$ICMS_t$	μ_{it}^{D}	μ_{it}^{R}
AC	1,917	0,402	0,466	0,500
AL	1,894	0,402	0,184	0,250
AP	1,917	0,402	0,200	0,209
AM	1,917	0,402	0,225	0,270
BA	1,894	0,402	0,119	0,249
CE	1,894	0,402	0,199	0,294
DF	2,023	0,402	0,144	0,231
ES	1,986	0,402	0,133	0,263
GO	2,023	0,402	0,077	0,235
MA	1,894	0,402	0,129	0,236
MT	2,023	0,402	0,134	0,239
MS	2,023	0,402	0,111	0,289
MG	1,986	0,402	0,131	0,319
PA	1,917	0,402	0,240	0,336
PB	1,894	0,402	0,121	0,218
PR	1,946	0,402	0,150	0,264
PE	1,894	0,402	0,153	0,253
PI	1,894	0,402	0,102	0,228
RJ	1,986	0,402	0,104	0,305
RN	1,894	0,402	0,144	0,259
RS	1,946	0,402	0,224	0,298
RO	1,917	0,402	0,129	0,299

RR	1,917	0,402	0,111	0,302
SC	1,946	0,402	0,088	0,294
SP	1,986	0,402	0,149	0,223
SE	1,894	0,402	0,086	0,262
TO	1,917	0,402	0,176	0,300

Para se realizar a simulação, utilizam-se como base as Equações 11, 12 e 15. O cálculo consiste na obtenção do preço de equilíbrio de mercado do óleo diesel ao consumidor final, no curto prazo, representado pela variável PR_{it}, para cada percentual de teor de biodiesel (mandato), mantendo os demais fatores constantes. Isso significa que, a partir da Equação 15, dado um valor exogenamente definido para (i) os *mark-ups* do distribuidor e do revendedor, (ii) o preço do fornecedor para o óleo diesel A, e (iii) o mandato do biodiesel; define-se o preço do revendedor para o óleo diesel B. Por serem exógenas, as variáveis (i) e (ii) são inseridas no modelo a partir de valores mais recentes da série histórica e, portanto, passíveis de serem sempre atualizados à medida que o modelo for utilizado futuramente, enquanto a variável (iii) compõe os cenários de teor de mistura de biodiesel.

A execução da Equação 15 gera, para cada teor de biodiesel simulado, um valor para os preços de óleo diesel B em cada unidade da federação *i* no mês *t* (PR_{it}), os quais são então utilizados para a execução da Equação 11, referente à estimação da curva de demanda por óleo diesel B. Da estimação da curva de demanda obtém-se a quantidade de óleo diesel B de equilíbrio, a partir da qual é possível obter a quantidade de equilíbrio de biodiesel, conforme Equação 16, a seguir especificada:

$$Y_t^{B100} = \delta \, . \, Y_t \qquad \textit{(Equação 16)}$$

- Y_t^{B100}: quantidade de equilíbrio de biodiesel vendido no mês *t*.
- δ: mandato do biodiesel; e
- Y_t: quantidade de equilíbrio de óleo diesel B vendido no mês *t*.

Assim, o equilíbrio de mercado é alcançado quando o preço do biodiesel for aquele que simultaneamente equaciona a igualdade entre a quantidade de biodiesel ofertada, conforme Equação 12, e a demandada, conforme Equações 11 e 15, dado um teor de biodiesel δ. O valor do preço de equilíbrio do biodiesel alimenta endogenamente a função do preço do óleo diesel B, de modo que o modelo integrado se ajusta até que seja definido o equilíbrio do sistema de equações, para cada teor de biodiesel.

Essa dinâmica de funcionamento do modelo de equilíbrio parcial é representada na Figura 30.

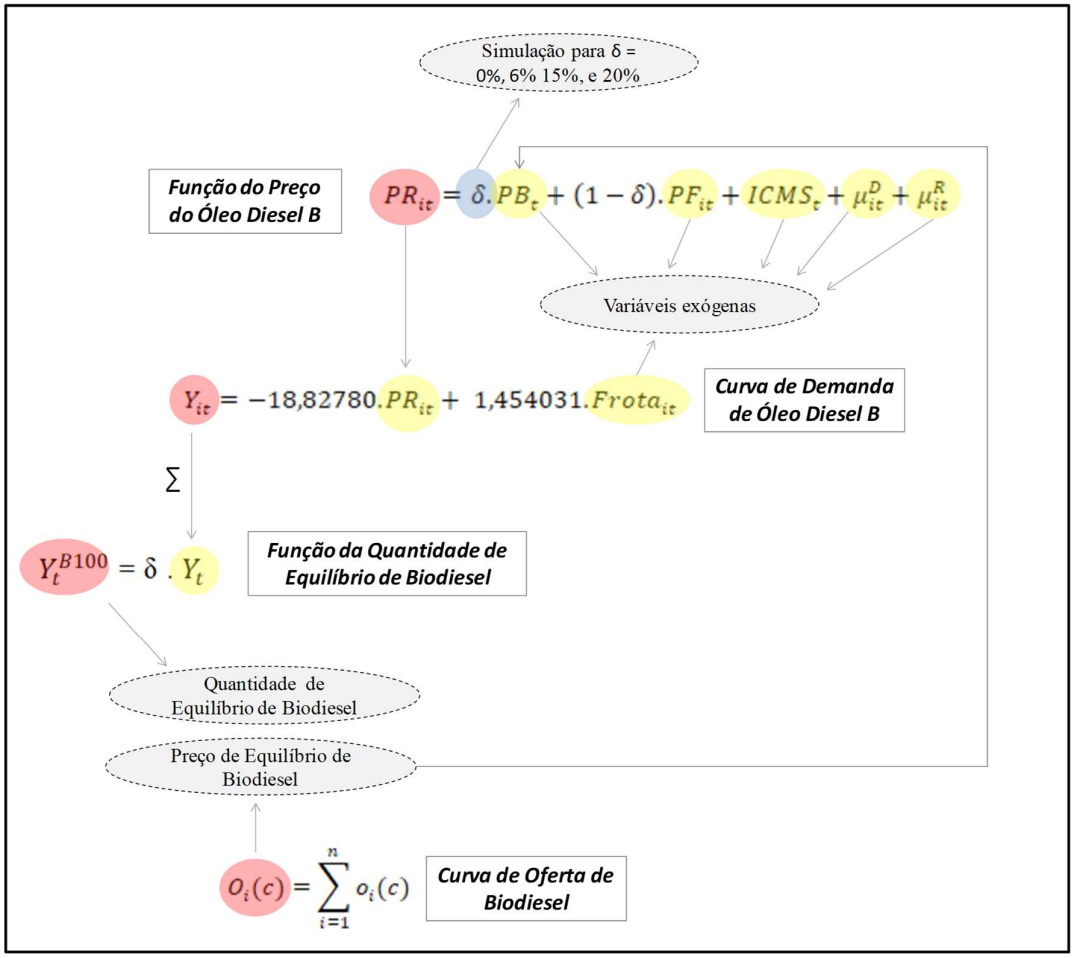


Figura 30. Dinâmica de funcionamento do modelo de equilíbrio parcial de mercado.

A simulação é executada, portanto, seguindo a dinâmica descrita na Figura 30, com vistas à obtenção do equilíbrio parcial nos mercados de biodiesel e de óleo diesel B. Cada simulação gera um quadro de resultados do sistema de equações para cada cenário de teor de biodiesel selecionado; como os cenários foram definidos para os teores de 0%, de 6% até 15%, e de 20%, foram então gerados 12 quadros de resultados, os quais constam no Anexo 8.1. Em todas as simulações, eventuais perdas de eficiência dos motores do ciclo diesel devido a questões de qualidade geradas pelo incremento do uso do biodiesel não são consideradas. A síntese dessas simulações é apresentada nas Tabelas 43 e 44 a seguir.

Tabela 43. Resultado das simulações do equilíbrio parcial nos mercados de biodiesel e de óleo diesel B.

	Biodiesel	**Óleo Diesel B**	

Teor de Biodiesel	Preço (R$/litro)	Quantidade (m³)	Preço (R$/litro)	Quantidade (m³)	Uso da Capacidade de Produção Biodiesel (%)
0%	-	-	2,73	4.363.033	0,0%
6%	3,25	261.780	2,81	4.362.993	28,1%
7%	3,27	305.409	2,83	4.362.986	32,7%
8%	3,32	349.038	2,84	4.362.977	37,4%
9%	3,32	392.667	2,86	4.362.970	42,1%
10%	3,32	436.296	2,87	4.362.963	46,8%
11%	3,32	479.925	2,88	4.362.956	51,5%
12%	3,33	523.554	2,90	4.362.948	56,1%
13%	3,35	567.182	2,92	4.362.940	60,8%
14%	3,37	610.810	2,93	4.362.931	65,5%
15%	3,42	654.438	2,95	4.362.920	70,2%
20%	4,89	872.547	3,32	4.362.733	93,5%

Tabela 44. Análise das variações percentuais dos preços de equilíbrio de biodiesel e de óleo diesel B com a variação do teor de biodiesel.

Teor de Biodiesel	Biodiesel		Óleo Diesel B	
	Variação do Preço (R$/litro)	Variação Percentual (%)	Variação do Preço (R$/litro)	Variação Percentual (%)
0% → 6%	-	-	2,732 → 2,810	2,88%
6% → 7%	3,253 → 3,271	0,55%	2,810 → 2,825	0,51%
7% → 8%	3,271 → 3,321	1,53%	2,825 → 2,842	0,61%
8% → 9%	3,321 → 3,321	0,00%	2,842 → 2,856	0,49%
9% → 10%	3,321 → 3,321	0,00%	2,856 → 2,870	0,48%
10% → 11%	3,321 → 3,323	0,06%	2,870 → 2,884	0,49%
11% → 12%	3,323 → 3,332	0,27%	2,884 → 2,899	0,52%
12% → 13%	3,332 → 3,354	0,66%	2,899 → 2,916	0,58%
13% → 14%	3,354 → 3,367	0,39%	2,916 → 2,932	0,55%
14% → 15%	3,367 → 3,423	1,66%	2,932 → 2,954	0,77%
15% → 20%	3,423 → 4,890	42,86%	2,954 → 3,322	12,44%

Na Tabela 43, é relevante observar que o preço de equilíbrio do biodiesel corresponde ao preço do produtor, com tributos federais e sem tributos estaduais e margens dos distribuidores e revendedores. O preço de equilíbrio do óleo diesel B, por sua vez, é o preço de revenda do óleo diesel ao consumidor final, contendo os tributos federais e estaduais, as margens dos distribuidores e revendedores, e a parcela do preço de biodiesel misturada ao óleo diesel fóssil. Em ambos os casos, os valores estão deflacionados para

refletirem os preços de janeiro de 2013, na mesma base comparativa do restante do estudo.

Ademais, como a Equação 11, representativa da curva de demanda do óleo diesel B, permite operar efeitos fixos para os estados a partir dos dados em painel, então preço e quantidade de equilíbrio são obtidos para cada unidade federada; consequentemente, essas quantidades de equilíbrio estaduais são ponderadas pela representatividade de cada unidade federada para se calcular o preço médio nacional do óleo diesel B.

Os resultados das Tabelas 43 e 44 evidenciam alguns achados importantes sobre a elevação do teor sobre as diferentes variáveis, conforme análise estática e de curto prazo desenvolvida:

- *Em relação ao preço de equilíbrio do óleo diesel B*: a elevação do teor de 0% para 6%, ou seja, saindo do cenário base para o patamar mínimo de mistura de 6%, conforme o parágrafo único do art. 1° da Lei n° 13.033/2014, eleva o preço do óleo diesel B ao consumidor final em 2,88% fazendo-o sair de R$ 2,73/litro para R$ 2,81/litro. A elevação de 6% para 10% representa um salto nos preços do óleo diesel B de R$ 2,81/litro para 2,87/litro, um aumento de 2,1%; passando o teor de 10% para 15%, o salto é de 9,72%, haja vista o preço de equilíbrio passar para R$ 2,95/litro; por fim, elevar o teor de 15% para 20% gera um aumento do preço para R$ 3,32/litro, incremento de 12,44%.
- *Em relação ao preço de equilíbrio do biodiesel*: o preço de equilíbrio do biodiesel eleva-se à medida que o teor de biodiesel aumenta, saindo de um patamar de R$ 3,25/litro com o teor em 6% até alcançar R$ 4,89/litro com o teor de 20%. Nesse processo, observa-se que na faixa compreendida entre os teores de 6% e 14%, o preço apresenta aumento de apenas 3,5%, no curto prazo, um valor reduzido e que se explica pelo formato da curva de oferta, com longo trecho de horizontalidade explicada pelo conjunto expressivo de usinas com custos marginais de valores próximos. A partir do teor de 14% o preço inicia trajetória ascendente acompanhando a própria curva de oferta de biodiesel, haja vista que a necessidade de quantidades cada vez maiores de biodiesel torna necessário o suprimento por usinas com custos marginais maiores.
- *Em relação à quantidade de equilíbrio de óleo diesel B*: no que tange à variação da quantidade de equilíbrio do óleo diesel B para os distintos teores de biodiesel,

verifica-se que a mesma praticamente não se altera, o que encontra explicação teórica e empírica. Como o modelo de equilíbrio parcial é de curto prazo, nesse horizonte temporal o mercado de óleo diesel apresenta rigidez para que o consumo seja reduzido com o aumento dos preços, o que reflete a baixa elasticidade-preço do óleo diesel no curto prazo, conforme literatura econômica [174].

- *Em relação à capacidade de produção de biodiesel*: as simulações permitem compreender a relação entre a capacidade utilizada, o preço e o consumo do biodiesel. O aumento da utilização da capacidade de 28,1% (δ = 6%) para a utilização de 70,2% (δ = 15%) gera uma elevação dos preços do biodiesel de apenas 5,2%, ou R$ 0,17/litro. Em contrapartida, a passagem da utilização da capacidade de 70,2% (δ = 15%) para 93,5% (δ = 20%) gera uma ascensão dos preços de 42,9%, um valor expressivamente superior. Isso se explica porque a curva de oferta da indústria de biodiesel é relativamente suave em sua curvatura até a quantidade referente ao teor de 15%, a partir do qual a curva adquire formato mais vertical, numa indicação de que as usinas com maior custo marginal de produção passam a ofertar no mercado, gerando o aumento dos preços para equalizar a demanda e a oferta – essa análise é corroborada pela Figura 28.

A partir das simulações apresentadas é possível estruturar a análise de bem-estar para determinar os excedentes do produtor e do consumidor, detalhados na seção seguinte.

5.5.2. Análise do impacto do teor de biodiesel sobre os excedentes do produtor e do consumidor

A análise de bem-estar compreende a mensuração do excedente social do mercado, o qual representa a soma dos excedentes do produtor e do consumidor, sendo uma medida do ganho líquido de todos os agentes que atuam em determinado mercado. O excedente do produtor em um mercado de determinado bem é a soma das diferenças entre quanto os ofertantes desse bem recebem ao vendê-lo e o custo de ofertar esses bens, sendo uma medida do ganho dos produtores no processo de venda. Denomina-se de excedente do consumidor a soma das diferenças entre as disposições a pagar dos consumidores que adquirem determinado bem e os valores efetivamente pagos por esses consumidores na aquisição desse bem. A disposição a pagar por um bem de um consumidor, por sua vez, é o valor máximo que esse consumidor está disposto a pagar para adquirir esse bem [175].

O impacto do mandato do biodiesel sobre os excedentes do produtor e do consumidor pode ser analisado, conquanto algumas considerações devam ser feitas.

No que tange à mensuração do *excedente do consumidor*, ressalta-se que não é possível determinar, com base nos dados existentes, a função de utilidade dos compradores e, desse modo, seu excedente é calculado a partir de uma *proxy*, que considera esta variável como a perda de bem-estar do consumidor devido a uma mudança no preço do óleo diesel B causada pela variação do teor de biodiesel. Isso equivale ao cálculo da diferença entre o montante pago pelos consumidores pelo óleo diesel B, para um determinado teor de biodiesel, e o montante pago no cenário base sem biodiesel (δ = 0).

No que diz respeito à mensuração do *excedente do produtor*, utiliza-se como *proxy* o lucro das usinas de biodiesel; não é analisado o lucro das refinarias, haja vista que informações sobre suas estruturas de custos não estão disponíveis. Para calcular o lucro dos produtores de biodiesel, os custos fixos não são considerados, de modo que o valor do lucro equivale à diferença entre a receita e o produto do custo marginal pela quantidade. Caso os custos fixos fossem incorporados, o lucro se tornaria o próprio excedente do produtor.

Além disso, para o cômputo do bem-estar, são incorporadas as *variações nos lucros dos distribuidores e dos revendedores*, mensuradas através do produto entre a margem desses agentes e o diferencial de quantidade de óleo diesel B por eles vendidos.

Portanto, torna-se possível enunciar a Equação 17:

$$BES_{\delta} = EC_{\delta} + EP_{\delta} + (\Delta\pi_{\delta}^{D} + \Delta\pi_{\delta}^{R}) \qquad \textit{(Equação 17)}$$

Onde:

- BES_{δ}: bem-estar com o teor de biodiesel δ;
- EC_{δ}: excedente do consumidor com o teor de biodiesel δ, tal que $EC_{\delta} = (PR_{base} \,.\, Y_{base}) - (PR_{\delta} \,.\, Y_{\delta})$, sendo:
    - PR_{base} e PR_{δ}: preço de revenda do óleo diesel B no cenário base e no cenário com teor de biodiesel δ, respectivamente; e
    - Y_{base} e Y_{δ}: volume de óleo diesel B no cenário base e no cenário com teor de biodiesel δ, respectivamente.

- EP_δ: excedente do produtor com o teor de biodiesel δ, tal que $EP_\delta = PB_\delta \,.\, Y_\delta^{B100} - CMg^{B100} \,.\, Y_\delta^{B100} = (PB_\delta - CMg^{B100}) \,.\, Y_\delta^{B100}$, sendo:
    - PB_δ: preço do biodiesel com o teor de biodiesel δ;
    - CMg^{B100}: custo marginal de produção de biodiesel; e
    - Y_δ^{B100}: volume de venda de biodiesel com o teor de biodiesel δ.
- $\Delta\pi_\delta^D$ e $\Delta\pi_\delta^R$: variação do lucro do distribuidor e do revendedor, respectivamente com o teor de biodiesel δ, em relação ao cenário base.

Os resultados obtidos para as simulações dos excedentes do consumidor e do produtor, e das variações dos lucros dos distribuidores e dos revendedores são disponibilizados, também em valores deflacionados aos preços de janeiro de 2013, nas Tabelas 45, 46 e 47 a seguir.

Tabela 45. Excedente do consumidor para os cenários de teores de biodiesel entre 0% e 20%.

Teor de Biodiesel (δ)	PR_δ **(R$/m³)**	Y_δ **(m³)**	PR_{base} **(R$/m³)**	Y_{base} **(m³)**	EC_δ **(R$ milhões)**
0%	2.732	4.363.033	2.732	4.363.033	-
6%	2.811	4.362.993	2.732	4.363.033	- 343,49
7%	2.825	4.362.986	2.732	4.363.033	- 406,24
8%	2.842	4.362.977	2.732	4.363.033	- 481,72
9%	2.856	4.362.970	2.732	4.363.033	- 541,93
10%	2.870	4.362.963	2.732	4.363.033	- 602,14
11%	2.884	4.362.956	2.732	4.363.033	- 663,31
12%	2.899	4.362.948	2.732	4.363.033	- 728,33
13%	2.916	4.362.940	2.732	4.363.033	- 801,49
14%	2.932	4.362.931	2.732	4.363.033	- 871,08
15%	2.954	4.362.920	2.732	4.363.033	- 969,94
20%	3.322	4.362.733	2.732	4.363.033	- 2.572,80

Com base no modelo proposto, a Tabela 45 evidencia que a ampliação do uso do biodiesel implica em crescente perda de excedente do consumidor, o que se explica pelo preço do biodiesel consistentemente superior ao preço do óleo diesel fóssil. A vigência do teor de biodiesel de 6% (δ = 6%), por exemplo, reduz em R$ 343,49 milhões por mês o excedente do consumidor em comparação com o cenário base sem uso de biodiesel (δ = 0%), valor este que se amplia para R$ 602,14 milhões com o teor de 10% (δ = 10%) e R$ 969,94 milhões com o teor de 15% (δ = 15%). No limite dos cenários considerados,

com o teor de 20% (δ = 20%), o excedente do consumidor reduz-se R$ 2,572 bilhões ao mês.

O comportamento do excedente do produtor de biodiesel, em contrapartida, segue caminho distinto, como se apresenta na Tabela 46.

Tabela 46. *Excedente do produtor de biodiesel para os cenários de teores de biodiesel entre 0% e 20%.*

Teor de Biodiesel (δ)	PB_δ **(R$/m³)**	CMg^{B100} **Ajustado (R$/m³)**	Y_δ^{B100} **(m³)**	**Faturamento das Usinas (R$ milhões)**	EP_δ **(R$ milhões)**	EP_δ **/ Faturamento (%)**
0%	-	-	-	-	-	-
6%	3.253	3.026	261.780	851,57	59,43	7,0%
7%	3.271	3.026	305.409	998,99	74,84	7,5%
8%	3.321	3.026	349.038	1.159,16	102,98	8,9%
9%	3.321	3.026	392.667	1.304,05	115,85	8,9%
10%	3.321	3.026	436.296	1.448,94	128,72	8,9%
11%	3.323	3.026	479.925	1.594,79	142,55	8,9%
12%	3.332	3.026	523.554	1.744,48	160,23	9,2%
13%	3.354	3.026	567.182	1.902,33	186,05	9,8%
14%	3.367	3.026	610.810	2.056,60	208,31	10,1%
15%	3.423	3.026	654.438	2.240,14	259,83	11,6%
20%	4.890	3.026	872.547	4.266,75	1.626,46	38,1%

A Tabela 46 traz, como resultados, duas informações principais para cada cenário de teor de biodiesel: o faturamento das usinas de biodiesel e o excedente do produtor. Embora apenas este último seja utilizado para compor o indicador de bem-estar do mercado, é relevante comparar a proporção do excedente do produtor em relação ao faturamento tanto para diferenciar esses conceitos econômicos quanto para indicar como se comporta o excedente do produto como parcela do faturamento à medida em que o teor de biodiesel é ampliado.

É importante observar que os valores do preço de equilíbrio do biodiesel (coluna PB_δ na Tabela 46) e a quantidade de equilíbrio do biodiesel (coluna Y_δ^{B100}) são oriundas da curva de oferta da indústria de biodiesel. O custo marginal de produção de biodiesel (coluna CMg^{B100} Ajustado) é baseado no custo marginal nacional médio (mostrado na Tabela 40 para as usinas pertencentes ao *Grupo 2*), sendo aplicada uma taxa de desconto de 10%. Esse ajuste se justifica porque o custo marginal individual de cada usina, por ser desconhecido, foi calculado pela *proxy* do preço inicial de oferta nos leilões. E esse preço inicial representa o preço mínimo pelo qual cada usina estaria disposta a vender biodiesel;

porém, esse valor possivelmente inclui uma margem sobre os custos, de modo que aplicar esse desconto de 10%, cumpre o papel de corrigir o valor calculado do custo marginal nacional médio considerando a margem de lucro.

Feitas essas considerações, a Tabela 46 evidencia que a ampliação do teor de biodiesel implica na elevação tanto do faturamento das usinas quanto do excedente do produtor (coluna EP_{δ}), haja vista que preço e quantidade de equilíbrio do biodiesel aumentam. O faturamento sai de R$ 851,57 milhões ao mês com o teor de 6% de biodiesel (δ = 6%), passa por R$ 1,449 bilhão com teor em 10% (δ = 10%) e R$ 2,240 bilhões (δ = 15%), e alcança R$ 4,267 bilhões (δ = 20%).

O excedente do produtor, por sua vez, amplia-se em R$ 59,43 milhões ao mês com o teor de 6% de biodiesel (δ = 6%), passa por R$ 128,72 milhões com teor em 10% (δ = 10%) e R$ 259,83 milhões (δ = 15%), e alcança R$ 1,626 bilhão (δ = 20%). A razão entre o excedente do produtor e o faturamento revela uma importante questão econômica do funcionamento do mercado no curto prazo, haja vista indicar o quanto do faturamento é de fato capturado pelo produtor de biodiesel. Se com o teor de biodiesel de 6% (δ = 6%) essa razão é de 7,0%, a mesma passa para 8,9% com teor de 10% (δ = 10%), para 11,6% com teor de 15% (δ = 15%) e alcança 38,1% no cenário limite de teor de 20% de biodiesel (δ = 20%). Em outras palavras, a decisão de política pública de aumentar o teor de mistura tem o condão de, no curto prazo, não apenas de elevar as receitas dos produtores de biodiesel, como também de suas margens.

O último elemento para estimar o bem-estar conforme proposto é mensurar as variações dos lucros dos distribuidores e dos revendedores de combustíveis líquidos (diesel B) nos distintos cenários de teor de biodiesel. Os resultados são apresentados na Tabela 47.

Tabela 47. Variações dos lucros dos distribuidores e dos revendedores de combustíveis líquidos para os cenários de teores de biodiesel entre 6% e 20%.

Teor de Biodiesel (δ)	**Variação dos Lucros**		
	Efeito causado pelo aumento do Preço do Óleo Diesel B (R$ milhões)	**Efeito causado pelo aumento de aquisição biodiesel (R$ milhões)**	**Variação Total $\Delta\pi_{\delta}^{D} + \Delta\pi_{\delta}^{R}$ (R$ milhões)**
6%	42,25	- 115,76	- 73,51
7%	49,97	- 136,16	- 86,19
8%	59,25	- 167,02	- 107,77

9%	66,66	- 182,48	- 115,82
10%	74,06	- 196,73	- 122,67
11%	81,59	- 210,63	- 129,04
12%	89,58	- 226,69	- 137,10
13%	98,58	- 248,54	- 149,96
14%	107,14	- 265,85	- 158,71
15%	119,30	- 306,66	- 187,35
20%	316,45	- 1.368,20	- 1.051,75

A Tabela 47 traz, nas duas primeiras colunas, a título de referência, o *mark up* conjunto dos distribuidores e revendedores de óleo diesel, equivalente a 12,3% conforme evidenciado na Tabela 41, e o lucro desses agentes no cenário base, alcançando R$ 1,466 bilhão por mês. À medida que se incrementa o teor de biodiesel de 6% até 20%, dois efeitos opostos e de curto prazo são observados sobre os lucros dos distribuidores e revendedores: um efeito positivo causado pelo aumento do preço do óleo diesel B e um efeito negativo gerado pelo aumento de aquisição de biodiesel, mais caro do que o óleo diesel A. Como resultado, a variação dos lucros desses agentes é representada pela soma desses dois efeitos ($\Delta\pi_\delta^D + \Delta\pi_\delta^R$), e a Tabela 47 evidencia que essa variação é sempre negativa e crescente à medida que se amplia o teor de biodiesel, saltando de uma redução de R$ 73,51 milhões por mês com o teor de 6% uma diminuição de R$ 1,05 bilhão por mês com o teor de 20%.

Por fim, o cálculo bem-estar para os diferentes cenários de teores de biodiesel, considerando os resultados relatados acima, é apresentado na Tabela 48.

Tabela 48. *Resultado da análise de bem-estar para os cenários de teores de biodiesel entre 6% e 20%, em comparação ao cenário base de 0%.*

Teor de Biodiesel (δ)	$\boldsymbol{EC_\delta}$ **(R$ milhões)**	$\boldsymbol{EP_\delta}$ **(R$ milhões)**	$\boldsymbol{\Delta\pi_\delta^D + \Delta\pi_\delta^R}$ **(R$ milhões)**	$\boldsymbol{BES_\delta}$ **(R$ milhões)**
6%	- 343,49	59,43	- 73,51	- 357,57
7%	- 406,24	74,84	- 86,19	- 417,59
8%	- 481,72	102,98	- 107,77	- 486,51
9%	- 541,93	115,85	- 115,82	- 541,90
10%	- 602,14	128,72	- 122,67	- 596,09
11%	- 663,31	142,55	- 129,04	- 649,80
12%	- 728,33	160,23	- 137,10	- 705,20
13%	- 801,49	186,05	- 149,96	- 765,39
14%	- 871,08	208,31	- 158,71	- 821,48
15%	- 969,94	259,83	- 187,35	- 897,46
20%	- 2.572,80	1.626,46	- 1.051,75	- 1.998,09

Como se observa, o bem-estar (BES_{δ}), mensurado em termos econômicos e obtido a partir de simulações baseadas em modelo de equilíbrio parcial de curto prazo, reduz-se à medida em que o teor de biodiesel é ampliado de 6% a 20%, saindo de um patamar de perda social de R$ 357,57 milhões por mês (com o teor de 6%), para uma perda social de cerca de R$ 2 bilhões mensais (com teor de 20%). Essa redução do bem-estar acaba sendo suportada pelos consumidores, conforme excedente do consumidor negativo e crescente, e pelos distribuidores e revendedores de combustíveis, em benefício dos produtores de biodiesel.

Se por um lado a análise de bem-estar permite chegar a essas conclusões, ela não incorpora as economias externas geradas pela produção de biodiesel. Essas externalidades positivas, uma vez mensuradas, permitem um contraponto ao valor estritamente econômico do mercado e, desde que monetariamente quantificadas, podem ser agregadas ao cálculo do bem-estar visando a prover ao tomador de decisão uma análise mais completa sobre os resultados da política pública. É isso o que se detalha na seção seguinte.

5.6. Mensuração das Externalidades

5.6.1. Externalidade positiva ambiental no consumo de biodiesel: redução de emissões de gases de efeito estufa

A externalidade positiva no consumo de biodiesel advém da redução de emissões de gases causadores de efeito estuda, cuja *proxy* é mensurada pelo volume de gases causadores do efeito estufa (GEE) evitados na atmosfera. Essa economia externa encontra respaldo normativo no âmbito da Política Nacional de Biocombustíveis, formulada a partir de diretrizes estratégicas aprovadas pelo CNPE, em 8 de junho de 2017, e dentre as quais se destaca a de "estabelecer uma política para combustíveis de forma conjunta, com ênfase no reconhecimento das externalidades positivas dos biocombustíveis para a isonomia competitiva no médio e longo prazo" [176].

Uma medida adequada para precificar essa externalidade positiva ambiental é a do custo do crédito de carbono, negociado nos mercados de carbono. O mercado de carbono é classificado em regulado internacional, regulado jurisdicional e voluntário e conta com diversas e iniciativas e metodologias para emissão e aquisição de créditos de carbono. O mercado de carbono regulado internacional abrange os mecanismos de cooperação estabelecidos na Convenção do Clima e constituídos por convenções internacionais,

estabelecendo limites para as emissões de GEE, a exemplo do que ocorre com o Protocolo de Quioto (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL) e o Acordo de Paris (art. 6º). O mercado regulado jurisdicional abarca os mercados regionais, nacionais e subnacionais nos quais a jurisdição decide autonomamente as metas, plataformas e regras de comércio, relato, monitoramento e registro dos créditos de carbono, de modo geral ou em setores específicos, sendo exemplos a *European Union Emissions Trading System (EU-ETS),* o *California Cap-and-Trade Program*, entre outros. O mercado voluntário, por fim, é aquele no qual os participantes não são obrigados por lei a reduzirem suas emissões de GEE, mas decidem-no espontaneamente; nele, são desenvolvidos padrões de certificação criados pela iniciativa privada, cada qual com suas regras próprias acerca da geração de crédito e sujeitos a auditorias por entidades independentes, sendo exemplos o *Golden Standard* (GS), o *American Carbon Registry* (ACR), o *Social Carbon Standard* (SCS) e o *Verified Carbon Standard* (Verra).

Em todos os casos, a lógica dos mercados regulados e voluntários de carbono é a do livre mercado, no qual os créditos são negociados entre ofertantes e demandantes, comumente por meio de mecanismos de leilão ou de balcão. Devido a essa diversidade, existem créditos de carbono precificados desde 20 centavos de dólar norte-americano por tonelada de carbono evitada, no caso do mercado voluntário[6], até cerca de 100 euros por tonelada de carbono evitada, no caso das EU-ETS, principal referência no mercado regulado[7].

Na presente tese, o mecanismo escolhido para viabilizar a valoração dessa economia externa foi a do Crédito de Descarbonização–CBIO, o qual representa a monetização da externalidade positiva ambiental do uso de biocombustíveis sob a ótica da emissão dos GEEs, no âmbito do mercado brasileiro, específico para a matriz de transportes no contexto da Política Nacional de Biocombustíveis. O CBIO, nesse contexto, funciona como um gradiente ou vetor direcional na matriz de combustíveis, que induz o mercado a se manter no melhor ponto de equilíbrio para a sociedade, com segurança, mais eficiência energética e, ao mesmo tempo, precificando corretamente as externalidades da emissão de gases causadores de efeito estufa. Ademais, situa-se em precificação

[6] Para maiores informações, verificar o *Carbon Trade Exchange* em: <https://ctxglobal.com/carbon-offset/>. Acesso em 10/12/2022.
[7] Valores passíveis de pesquisa em <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon>. Acesso em 10/12/2022.

intermediária, em comparação com os extremos de valor informados no parágrafo anterior.

No âmbito da Política Nacional dos Biocombustíveis (Renovabio), o CNPE, ao definir através da Resolução CNPE n° 17/2021, as metas compulsórias anuais de redução de emissões de GEEs para a comercialização de combustíveis, bem como, os respectivos intervalos de tolerância estabelecidos em unidades de Crédito de Descarbonização (CBIO); considerou a manutenção de um teor obrigatório de biodiesel no diesel fóssil, nos termos do cronograma da Resolução CNPE n° 16/2018. A Tabela 49 mostra as metas anuais de emissões.

Tabela 49. *Metas anuais de emissões de CBIOs. Fonte:* [177].

Ano	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**
Meta Anual (milhões de CBIOs)	36,0	42,4	50,8	58,9	66,5	72,9	79,3	85,5	90,7	95,7
Limite Superior	-	50,9	59,3	67,4	75,0	81,4	87,8	94,0	99,2	104,2
Limite Inferior	-	33,9	42,3	50,4	58,0	64,4	70,8	77,0	82,2	87,2

Nesse contexto, não apenas a redução do teor de biodiesel determinada pelo CNPE através de sua Resolução n° 25/2021, que fixou em 10% o mandato para todo o ano de 2022, como também eventuais alterações dos teores nos anos seguintes em percentuais distintos daqueles da Resolução CNPE n° 16/2018, irão exigir a revisão das metas de redução dos GEE, pois haverá emissão de CBIOs em quantidade diferente daquela prevista na modelagem do Renovabio, haja vista que o uso do biodiesel gera redução de 66,14 gCO_2eq por MJ, quando comparado ao óleo diesel de origem fóssil [178].

Por esse motivo, torna-se necessário, quantificar quanto cada ponto percentual de variação do teor de biodiesel gera em termos de CBIOs emitidos. Feitas as conversões apropriadas, é possível estabelecer, para cada ponto percentual de variação do teor de biodiesel, a correspondência entre o volume de óleo diesel A (que substituiria ou será substituído) no diesel B, pelo biodiesel, bem como a variação nas emissões de CO_2. Por consequência, é factível também quantificar o volume de CBIOs que seriam retirados ou postos em circulação, e que futuramente comporiam as metas de aquisição pelos distribuidores. Esse montante de CBIOs, adicionalmente, é passível de ser monetizada e de ser repassado ao consumidor final via mecanismo de preços.

Para a obtenção do fator de emissão de CBIOs nacional, em gCO_2Eq por litro de biodiesel, é necessário aplicar a metodologia descrita no inciso V do art. 2º e no Anexo 1 da Resolução ANP nº 802/2019, que estabelece os procedimentos para geração de lastro necessário para a emissão primária de Créditos de Descarbonização, e na Tabela 19 da Resolução ANP nº 758/2018, que regulamenta a certificação da produção eficiente de biocombustíveis.

A fórmula de cálculo do fator de emissão de CBIOs, conforme Anexo 1 da Resolução ANP nº 802/2019, é expressa pela Equação 18 a seguir:

$$Fator_{CBIOO} = NEEA_{B100} \,.\, VE_{B100} \,.\, Q_{B100} \,.\, PCI_{B100} \,.\, 10^{-6} \qquad \textit{(Equação 18)}$$

Onde:

- $Fator_{CBIOO}$: fator para emissão de CBIOs do biodiesel em gCO_2eq/litro;
- $NEEA_{B100}$: Nota de Eficiência Energética do biodiesel, em gCO_2eq/MJ;
- VE_{B100}: volume elegível do biodiesel para emissão de CBIOs, em percentual;
- Q_{B100}: massa específica do biodiesel, em toneladas por metro cúbico; e
- PCI_{B100}: poder calorífico inferior do biodiesel, em MJ/kg.

Os valores de cada variável são apresentados na Tabela 50, a seguir:

Tabela 50. Características do biodiesel no Renovabio. Fonte: [178–180].

Características do Biodiesel no Renovabio	**Unidade de Medida**	**Média Nacional**
$NEEA_{B100}$	gCO_2Eq/MJ	66,14
VE_{B100}	%	43,79
Q_{B100}	tonelada/m³	0,880
PCI_{B100}	MJ/kg	37,68

Portanto, o fator de emissão nacional de créditos de descarbonização pelos produtores de biodiesel certificados no Renovabio é:

$$Fator_{CBIOO} = 66{,}14 \,.\, 0{,}4379 \,.\, 0{,}880 \,.\, 37{,}68 \,.\, 10^{-6}$$

$$Fator_{CBIOO} = 0{,}00096036$$

O valor obtido como fator de emissão nacional significa que, para cada litro de biodiesel que é adicionado ao óleo diesel, reduz-se a emissão de GEE em 0,00096036

gramas de CO_2 equivalente, quando comparado ao diesel fóssil. O fator de emissão é a informação utilizada para estimar, nas simulações acerca dos distintos cenários de teores de mistura, o volume de biodiesel adicionado ou subtraído do óleo diesel, em CBIOs.

Por fim, é relevante observar o comportamento dos preços médios e das quantidades negociadas de CBIOs na B3[8], desde o início da série histórica, em 15 de junho de 2020, até o dia 18 de abril de 2022. Os valores são divulgados pela ANP no Painel Dinâmico do Renovabio [131], e são sintetizados na Figura 31.

[8] A B3 é a atual Bolsa de Valores do Brasil.

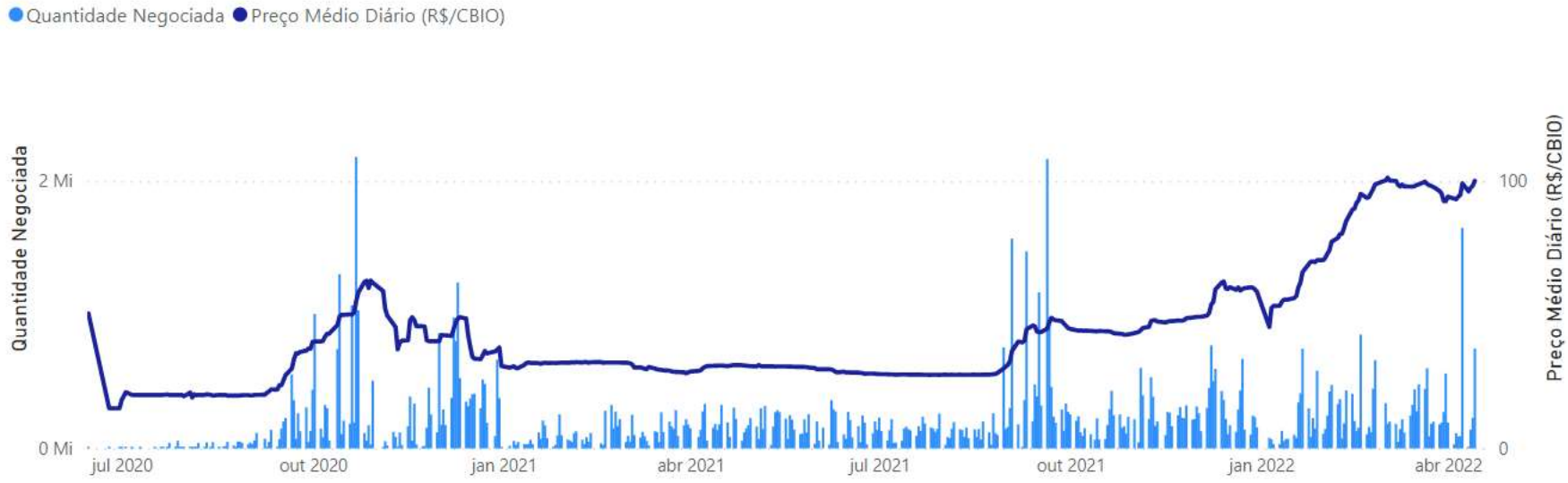


Figura 31. Evolução dos preços e quantidades negociadas de CBIOs na B3 entre 15/06/2020 e 18/04/2022. Fonte: [218].

Conforme se observa, o comportamento dos preços dos CBIOs ao longo da série histórica indica que os valores oscilaram entre R$ 40,00 e R$ 100,00 por CBIO. Algumas observações devem ser feitas a respeito da informação da Figura 31: primeiramente, os números refletem todas as operações de compra e venda envolvidas em um ciclo de negociação, de modo que, no caso de intermediações realizadas por corretoras ou outras instituições, primeiro se realiza uma operação de compra das quantidades e depois uma operação de venda para o investidor final; em segundo lugar, os dados consideram as datas em que a liquidação foi efetivada e não, necessariamente, a data em que o negócio foi efetivado; e, em terceiro lugar, a partir de 02/08/2021, o cálculo do preços médio passou por uma mudança metodológica, sendo que, até essa data, a metodologia considerava uma média aritmética simples dos preços praticados e, após, foi considerada uma média aritmética ponderada das quantidades negociadas.

Portanto, considerando o histórico do comportamento de preços, torna-se plausível utilizar, para a finalidade de simulação dos cenários de variação de mandato de biodiesel, os possíveis preços de CBIOs nos patamares de R$ 40,00; R$ 50,00; R$ 60,00; R$ 70,00; R$ 80,00; R$ 90,00; e R$ 100,00.

O cálculo do valor monetário que expressa a redução de emissões de gases causadores de efeito estufa, devido ao uso do biodiesel, pode ser obtido através dos valores totais dos CBIOs emitidos, a mais ou a menos, para determinado volume de biodiesel cujo uso foi ampliado ou reduzido, em relação ao cenário base. Esse racional é representado na Equação 19 a seguir:

$$VE_t^{CBIO} = P_t^{CBIO} . \ \Delta Y_t^{B100} \ . \ Fator_{CBIOO} \qquad \textit{(Equação 19)}$$

Onde:

- VE_t^{CBIO}: variação do valor total de emissão de CBIOs com a alteração do teor de biodiesel, em reais, no mês *t*;
- P_t^{CBIO}: preço do CBIO em reais, simulado para os valores R$ 40,00; R$ 50,00; R$ 60,00; R$ 70,00; R$ 80,00; R$ 90,00; e R$ 100,00;
- ΔY_t^{B100}: variação do volume de biodiesel em relação ao cenário base, em litros; e
- $Fator_{CBIOO}$: fator nacional para emissão de CBIOs na produção de biodiesel.

A simulação dos valores monetários das externalidades positivas pela redução das emissões de GEE, em milhões de reais por mês, para os cenários de teores de biodiesel de 6% a 15%, e de 20%, é apresentada na Tabela 51.

Tabela 51. Monetização das externalidades positivas pela redução de emissões de GEE, em R$/mês. Fonte: [131, 179].

Teor de Biodiesel	Volume de Biodiesel (m³)	Mensuração da Externalidade Ambiental de Redução de Emissões de GEE (R$/mês)						
		CBIO a R$ 40	CBIO a R$ 50	CBIO a R$ 60	CBIO a R$ 70	CBIO a R$ 80	CBIO a R$ 90	CBIO a R$ 100
0%	-	0	0	0	0	0	0	0
6%	261.780	10.056	12.570	15.084	17.598	20.112	22.626	25.140
7%	305.409	11.732	14.665	17.598	20.531	23.464	26.397	29.330
8%	349.038	13.408	16.760	20.112	23.464	26.816	30.168	33.520
9%	392.667	15.084	18.855	22.626	26.397	30.168	33.939	37.710
10%	436.296	16.760	20.950	25.140	29.330	33.520	37.710	41.900
11%	479.925	18.436	23.045	27.654	32.263	36.872	41.481	46.090
12%	523.554	20.112	25.140	30.168	35.196	40.224	45.252	50.280
13%	567.182	21.788	27.235	32.682	38.129	43.576	49.023	54.470
14%	610.810	23.464	29.330	35.196	41.062	46.928	52.794	58.660
15%	654.438	25.140	31.425	37.710	43.995	50.280	56.565	62.850
20%	872.547	33.518	41.898	50.278	58.657	67.037	75.416	83.796

Os resultados apresentados na Tabela 51 indicam que, para os cenários estudados, ou seja, teor de biodiesel de 0%, de 6% até 15% e de 20%, e de preços unitários do CBIO variando de R$ 40 a R$ 100 por CBIO, as externalidades positivas para a sociedade oscilam, em milhões de reais:

i. $VE_t^{CBIO}(mês)$ → de R$ 10,056 milhões (δ = 6% e P_t^{CBIO}= 40) até R$ 83,796 milhões (δ = 20% e P_t^{CBIO}= 100); e

ii. $VE_t^{CBIO}(ano)$ → de R$ 120,673 milhões (δ = 6% e P_t^{CBIO}= 40) até R$ 1.005,551 milhões (δ = 20% e P_t^{CBIO}= 100).

Esses valores foram deflacionados considerando a base de dezembro de 2021, para que expressem os preços de janeiro de 2013 (deflator = 1,700), tem-se que:

i. $VE_t^{CBIO}(mês \mid preços\ jan/2013)$ → de R$ 5,915 milhões (δ = 6% e P_t^{CBIO}= 40) até R$ 49,292 milhões (δ = 20% e P_t^{CBIO}= 100); e

ii. $VE_t^{CBIO}(ano \mid preços\ jan/2013)$ → de R$ 70,984 milhões (δ = 6% e P_t^{CBIO}= 40) até R$ 591,500 milhões (δ = 20% e P_t^{CBIO}= 100).

5.6.2. Externalidade positiva ambiental no consumo de biodiesel: despesa com saúde pública evitada pela redução de emissões de particulados

Além de contribuir para redução das emissões de gases causadores de efeito estufa, os biocombustíveis contribuem, também, para a redução das principais emissões de poluentes particulados na atmosfera, que tem resultados favoráveis para a saúde humana, através da redução de doenças e da mortalidade, e para o custeio dos sistemas de saúde público e privado. A dinâmica de mensuração da externalidade positiva advinda da menor exposição a materiais particulados e ao ozônio, devido à substituição do óleo diesel fóssil por biodiesel, pode ser sintetizada na Figura 32 a seguir.

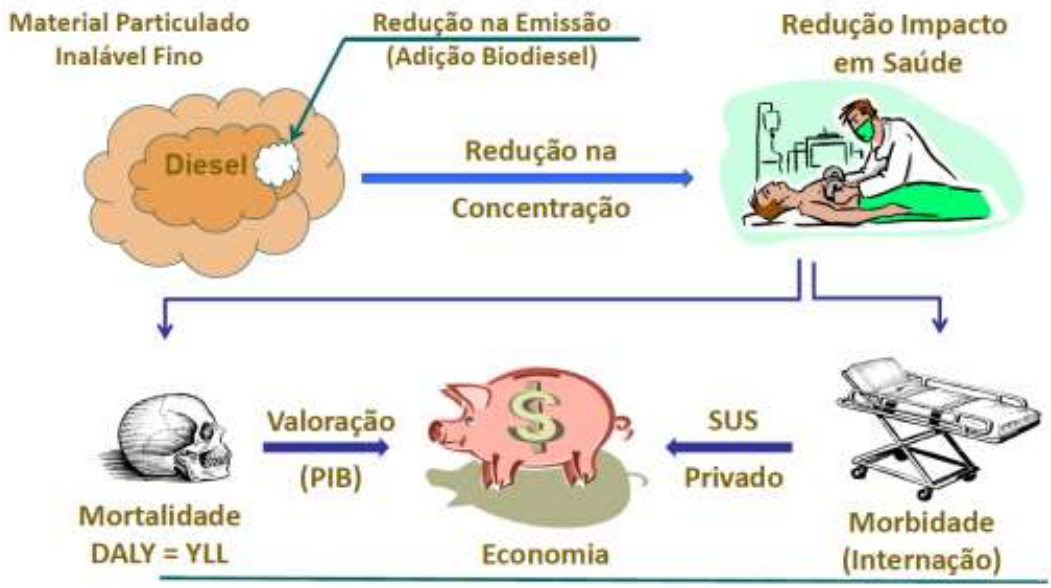


Figura 32. Fluxo de mensuração e monetização da externalidade positiva do uso de biodiesel sobre a saúde pública. Fonte: [133].

Estudo da EPE [133] mostra os impactos negativos sobre a saúde humana (expectativa de vida) e sobre o dispêndio em saúde (reais), caso não houvesse adição de biodiesel ao óleo diesel, em função da redução de material particulado proporcionada por este biocombustível, considerando a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) para a realização dos cálculos. A título exemplificativo da representatividade da RMSP, apenas na cidade de São Paulo, cerca de 4 mil pessoas morrem anualmente em consequência de problemas causados pela poluição do ar. O custo ocasionado pela poluição para a saúde humana, somando-se internações, mortalidade e redução da expectativa de vida, chega a 1,5 bilhão de dólares [181].

A abordagem metodológica adotada neste estudo incluiu avaliar a variação nas emissões de material particulado, especificamente MP2.5, decorrentes da quantidade de biodiesel utilizada pelos veículos nos municípios da Região Metropolitana de São Paulo. Para analisar o impacto na saúde através do aumento da concentração deste material foi empregada a Ferramenta AirQ+, que foi projetada para calcular os impactos da poluição do ar na saúde em uma determinada população. Todos os cálculos realizados pelo AirQ+ foram baseados em metodologias e em funções de concentração-resposta estabelecidas por estudos epidemiológicos [182].

No âmbito desse estudo, as funções de resposta utilizadas no software foram baseadas na revisão sistemática de todos os estudos disponíveis até 2013, que foram organizados pela OMS. O AirQ+ calcula a proporção e o número atribuível de casos (mortes e internações) por 100 mil habitantes. Para quantificar os efeitos no longo prazo do MP2.5, foram utilizados os seguintes dados: (i) qualidade do ar, considerando a média anual para efeitos de exposição a longo prazo; (ii) população em risco, considerando o número total de adultos com mais de 30 anos de idade; (iii) dados de saúde, considerando as taxas básicas de resultados de saúde na população; e (iv) o valor de corte para a concentração do poluente a ser considerado (10 $\mu g/m^3$), conforme recomendado pela OMS [133−134].

De acordo com a EPE [133], com vistas a mensurar o impacto da política pública do biodiesel na RMSP, estimaram-se quatro cenários de adição de biodiesel ao óleo diesel: o primeiro, denominado cenário base, consiste no teor de 10% (B10), que era o mandato vigente à época de elaboração desse estudo da EPE e também que vigora em 2022; o segundo, o cenário no qual não há consumo de biodiesel (B0), ou seja, todo o óleo diesel comercializado tem origem fóssil; o terceiro cenário, no qual a mistura é de 12% (B12); e o quarto cenário, no qual se analisa o teor de 15% (B15), conforme foi previsto no cronograma do CNPE para 2023, nos termos da Resolução CNPE n° 16/2018.

Deve-se mencionar que o valor da taxa de emissão de particulados varia de acordo com os diferentes tipos de veículos pesados, caminhões e ônibus urbanos. Assim, a taxa de emissão média ponderada da frota de veículos do ciclo diesel é de 7,53 mg/m [134]. Para obtenção das taxas de emissão do biodiesel, usando a taxa de emissão média do óleo diesel com teor de 10% de biodiesel (B10), obteve-se a taxa de emissão média do biodiesel como sendo de 4 mg/m^3, valor obtido, nesse estudo da EPE, por meio de uma interpolação linear.

Fator importante para a tomada de decisões de política pública, especialmente no que tange aos impactos ambientais sobre a saúde humana, é a monetização dos custos evitados pela adoção de determinada política. Com base nos estudos mencionados na presente seção, essa monetização foi realizada por meio do cálculo do valor implícito na qualidade de vida com o uso do biodiesel.

Na Tabela 52 se consolidam as simulações analisadas para a RMSP, com seus respectivos valores implícitos, em bilhões de reais em valores nominais referentes ao ano

de 2018. Na primeira coluna, detalha-se a concentração de particulados MP2.5 na atmosfera, em μg/m³; na segunda coluna, traz-se a variação na expectativa de vida, em dias, em relação ao cenário base; na terceira coluna, mostra-se a variação no número de óbitos por ano, também comparada ao cenário base; e, por fim, na quarta coluna, apresenta-se o impacto econômico pela variação da expectativa de vida, em bilhões de reais.

Tabela 52. Impacto econômico e na saúde pública pela redução de emissões de particulados devido ao uso de biodiesel na RMSP. Fonte: [133–134].

Teor de Biodiesel	**Cenários**	**Concentração de Particulados MP2.5 na atmosfera (μg/m³)**	**Variação na Expectativa de Vida (dias)**	**Variação do Número de Óbitos por Ano**	**Impacto econômico pela variação da Expectativa de Vida (bilhões de reais)**
10% (B10)	Cenário Base	18,53	0	0	0
0% (B0)	Cenário 1	18,85 (+ 1,7%)	-9	244	-17,04
12% (B12)	Cenário 2	18,48 (- 0,3%)	1	-33	1,89
15% (B15)	Cenário 3	18,39 (- 0,8%)	4	-104	7,57

A análise comparativa entre o cenário base (B10) e o cenário 1 (B0) demonstra que, sem o uso do biodiesel, a concentração de particulados MP2.5 na atmosfera seria 1,7% maior, caso não houvesse a política pública do biodiesel. A estimativa apresentada é a de que o uso do biodiesel evitou 244 mortes ao ano na RMSP e que a população deixou de perder 9 dias de vida, contabilizados desde o nascimento, resultando em um impacto econômico pela variação da expectativa de vista na ordem de R$ 17,04 bilhões.

A elevação do teor de 10% para 12%, ou seja, passando do cenário base para o cenário 2, tem-se que a elevação de dois pontos percentuais gera um decréscimo de 0,3% na emissão de particulados MP2.5 na atmosfera, levando a um aumento de 1 dia na expectativa de vida e a uma redução de 33 óbitos ao ano; como resultado, passa a haver uma economia de R$ 1,89 bilhões de reais em saúde pública. Por fim, no cenário 3, no qual o teor passa de 10% no cenário base para 15%, caso o percentual de biodiesel no diesel B atingisse 15%, haveria 104 mortes por ano a menos e a expectativa de vida aumentaria em mais 4 dias, quando comparadas à trajetória B10, gerando impacto econômico de R$ 7,57 bilhões na saúde pública.

Levando em conta essas considerações, no ano de 2018, a adição de 10% de biodiesel, comparando o cenário 1 (B0) com o cenário-base contribuiu com o acréscimo de 9 dias na expectativa de vida da população e na redução de 244 óbitos anualmente. Em trajetória alternativa de adição de 15% de biodiesel ao diesel, haveria um aumento de mais quatro dias na expectativa de vida desde o nascimento e seriam evitados mais 104 óbitos ao ano. Numa análise que considera a amplitude de uso do biodiesel, ou seja, comparando o cenário 1 (B0) com o cenário 3 (B15), tem-se que a adição de 15 pontos percentuais de biodiesel gera, ao ano, uma redução de 2,5% na emissão de particulados MP2.5, uma elevação de 13 dias na expectativa de vida da população, uma redução de 348 óbitos e uma economia de R$ 24,61 bilhões.

Como, de acordo com a Tabela 52, os impactos econômicos com despesa de saúde pública evitada pela mudança da expectativa de vida, para cada ponto percentual de teores de biodiesel, variarão a depender do ponto entre os diferentes cenários no qual se localiza o teor de biodiesel simulado. Esses impactos por ponto percentual do teor de biodiesel apresentam três conjuntos de valores: R$ 1,704 bilhão (B1 a B10); R$ 0,945 bilhão (B11 a B12); e R$ 1,89333 bilhão (B13 a B15).

Todos os valores de DS^{RMSP} e de DS^{Brasil}, mensais e anuais, calculados em 2018, para que expressem os preços de janeiro de 2013, foram deflacionados pelo deflator equivalente a 1,4115877, visando à utilização no modelo integrado proposto na presente tese.

Cada ponto percentual de biodiesel, portanto, evitaria em despesa com saúde pública:

- Para teor de B1 a B10 → R$ 1,704 bilhão, por ponto percentual, para toda a expectativa de vida da população da RMSP. Considerando a expectativa de vida aproximada de 75 anos, equivalente a 900 meses, tem-se que cada 1 mês de uso de 1% de biodiesel no teor de mistura, nessa faixa, traz o impacto econômico de R$ 1.893.330,00 para a RMSP. Anualmente, esse valor alcança R$ 22.719.960,00. Deflacionando-se os valores mensal e anual, a preços de janeiro de 2013, obtém-se, respectivamente, R$ 1.341.276,92 e R$ 16.095.323,02;
- Para teor de B11 a B12 → R$ 0,945 bilhão, por ponto percentual, para toda a expectativa de vida da população da RMSP. Realizando a mesma conversão do item anterior, tem-se que cada mês de uso de 1% de biodiesel no teor de mistura, nessa faixa, traz o impacto econômico de R$ 1.050.000,00 para a RMSP.

Anualmente, esse valor alcança R$ 12.600.000,00. Deflacionando-se os valores mensal e anual, a preços de janeiro de 2013, obtém-se, respectivamente, R$ 743.843,26 e R$ 8.926.119,15; e

- Para teor de B13 a B15 → R$ 1,89333 bilhão, por ponto percentual, para toda a expectativa de vida da população da RMSP. Realizando a mesma conversão, tem-se que cada 1 mês de uso de 1% de biodiesel no teor de mistura, nessa faixa, traz o impacto econômico de R$ 2.103.700,00 para a RMSP. Anualmente, esse valor alcança R$ 25.244.400,00. Deflacionando-se os valores mensal e anual, a preços de janeiro de 2013, obtém-se, respectivamente, R$ 1.490.307,69 e R$ 17.883.692,24.

Conforme mencionado na subseção 5.2.1, são apresentados dois cenários: o primeiro cenário (denominado "conservador") consiste em replicar a externalidade positiva conforme trazida na nota técnica da EPE, haja vista ser o dado oficialmente publicado pelo governo federal; o segundo cenário (denominado "otimista"), consiste em extrapolar os dados referentes à RMSP para o conjunto de regiões metropolitanas brasileiras. Essa extrapolação dos resultados da RMSP representa um cenário otimista porque como a RMSP é a região urbana com mais elevada quantidade de veículos que utilizam óleo diesel e que é a região metropolitana com maior emissão de particulados por esses veículos, o resultado obtido da extrapolação tende a representar uma *proxy* para um valor máximo de benefício calculado para essa externalidade.

Trazendo os valores de despesa com saúde pública evitada da RMSP, de cada uma das três faixas de teores, para o horizonte temporal de um ano e para o universo populacional do conjunto de regiões metropolitanas brasileiras, obtém-se o potencial impacto econômico em termos de despesa evitada com saúde pública expressa através da Equação 20 a seguir:

$$DS^{Brasil} = DS_t^{RMSP} . \ \delta \ . \ n \ . \ \theta \qquad \textit{(Equação 20)}$$

Onde:

- DS^{Brasil}: despesa com saúde pública evitada com a adição de um ponto percentual de biodiesel no Brasil;
- DS_t^{RMSP}: despesa mensal com saúde pública evitada com a adição de um ponto percentual de biodiesel na RMSP;

- δ: teor de biodiesel;
- n: número de meses considerados na análise; e
- θ: razão entre a população do conjunto de regiões metropolitanas brasileiras e a população da RMSP.

Dados do IBGE [135], referentes ao ano de 2020, demonstram que a população da RMSP foi de 21.327.111 habitantes, ao passo que a população do conjunto de regiões metropolitanas brasileiras foi de 115.409.373 habitantes. Assim, o valor de θ equivale a 5,41139271.

Aplicando a Equação 19 para se obter o valor da despesa evitada com saúde pública no Brasil (agregado das regiões metropolitanas brasileiras), para um mês e para um ano, tem-se que o impacto econômico para a variação da expectativa de vida, para cada ponto percentual de teor de biodiesel, em suas três faixas avaliadas, é de:

i. $DS^{Brasil}(mês, de\ B1\ a\ B10) =$ R$ 1.893.330,00 x 1 x 1 x 5,41139271 = R$ 10.245.552,16 $\rightarrow$ $DS^{Brasil}(mês, de\ B1\ a\ B10 \mid preços\ jan/2013) =$ R$ 7.258.176,14.

ii. $DS^{Brasil}(ano, de\ B1\ a\ B10) =$ R$ 1.893.330,00 x 1 x 12 x 5,41139271 = R$ 122.946.625,92 $\rightarrow$ $DS^{Brasil}(ano, de\ B1\ a\ B10 \mid preços\ jan/2013) =$ R$ 87.098.113,65.

iii. $DS^{Brasil}(mês, de\ B11\ a\ B12) =$ R$ 1.050.000,00 x 1 x 1 x 5,41139271 = R$ 5.681.962,35 $\rightarrow$ $DS^{Brasil}(mês, de\ B11\ a\ B12 \mid preços\ jan/2013) =$ R$ 4.025.228,01.

iv. $DS^{Brasil}(ano, de\ B11\ a\ B12) =$ R$ 1.050.000,00 x 1 x 12 x 5,41139271 = R$ 68.183.548,15 $\rightarrow$ $DS^{Brasil}(ano, de\ B11\ a\ B12 \mid preços\ jan/2013) =$ R$ 48.302.736,10.

v. $DS^{Brasil}(mês, de\ B13\ a\ B15) =$ R$ 2.103.700,00 x 1 x 1 x 5,41139271 = R$ 11.383.946,84 $\rightarrow$ $DS^{Brasil}(mês, de\ B13\ a\ B15 \mid preços\ jan/2013) =$ R$ 8.064.640,15.

vi. $DS^{Brasil}(ano, de\ B13\ a\ B15) =$ R$ 2.103.700,00 x 1 x 12 x 5,41139271 = R$ 136.607.362,13 $\rightarrow$ $DS^{Brasil}(ano, de\ B13\ a\ B15 \mid preços\ jan/2013) =$ R$ 96.775.681,83.

5.6.3. Externalidade positiva social na produção de biodiesel: renda da agricultura familiar inserida no arranjo do Selo Biocombustível Social

O fato de um dos pilares do PNPB ser o pilar social, que foi enunciado como "implantar um programa sustentável de produção e uso do biodiesel, promovendo inclusão social", torna fundamental mensurar e monetizar a externalidade positiva gerada pelo crescimento da produção de biodiesel, sob esse prisma.

No Capítulo 2 foi explanado que o pilar social se constitui, essencialmente, (i) da promoção do Selo Biocombustível Social e da agricultura familiar, (ii) da geração de empregos pela produção de biodiesel e (iii) do incentivo a produtores de biodiesel de pequeno porte. Para o presente estudo, foi selecionada apenas a primeira iniciativa para a mensuração da externalidade positiva, por ser considerada a que tem o maior impacto social neste pilar.

Ainda, no que tange à reserva de mercado dos produtores de pequeno porte, criada pelo art. 27 da Lei nº 13.576/2017 – Lei do Renovabio, no âmbito dos leilões públicos de biodiesel, justifica-se sua não consideração porque, embora tivesse surgido para atender a uma política industrial com supostos reflexos sociais relevantes, foi demonstrado na subseção 2.3.1.5 do Capítulo 2 que os custos sociais impostos à sociedade pela medida superam os benefícios dela advindos; por esse motivo, esse indicador social foi excluído da análise.

Em relação à geração de empregos pela produção de biodiesel, sua não consideração se deve a outros motivos. Para a mensuração dos empregos, é possível diferenciar entre: (i) aqueles empregos gerados diretamente pela indústria do biodiesel; (ii) aqueles gerados indiretamente, através da variação que a produção do biodiesel causa sobre o consumo de insumos para sua produção; e (iii) aqueles empregos induzidos, causados pelo efeito renda e derivados do impacto sobre o consumo de diversos bens e serviços pelas famílias, em função da alteração da atividade econômica; porém, algumas dificuldades emergem e tornam imprecisas as estimativas para serem consideradas no cômputo das externalidades positivas.

As dificuldades relatadas são: em primeiro lugar, no que tange aos empregos diretos, não há informação pública e oficial disponível e confiável para o conjunto da indústria de biodiesel; em segundo lugar, os efeitos indiretos e induzidos são de difícil mensuração e sofrem interferência de diversos outros setores da cadeia de fornecimento, sendo

desafiador isolar o efeito realmente causado pela produção de biodiesel. Nesse âmbito, a própria Matriz-Insumo Produto (MIP) brasileira, que poderia ser usada para isolar esses efeitos, não considera a produção de biodiesel isoladamente, sendo parte integrante do setor denominado "fabricação de biocombustíveis", onde se incluem também o etanol, o biometano, entre outros [183]. Além disso, a MIP nacional tem sua atualização mais recente referente ao ano de 2015 e, em relação à possibilidade de uso de MIPs estaduais, não há disponibilidade estatística para todos os estados produtores de biodiesel. Em que pese existirem estudos que apresentam dados para os empregos indiretos e induzidos gerados pela produção de biodiesel, esses mesmos estudos reconhecem as lacunas supramencionadas e, assim, não logram isolar os efeitos gerados pelo setor de biodiesel em relação aos empregos dos demais setores [184–185].

Por essas imprecisões, embora se reconheça a importância de levar em consideração os empregos indiretos e induzidos gerados pelo biodiesel no cômputo das externalidades no modelo integrado, optou-se, no presente estudo, por ressaltar a relevância dessa informação, mas recomendar seu desenvolvimento em futuras pesquisas específicas sobre o tema.

Para contabilizar as externalidades positivas sociais, oriundas da produção de biodiesel, adota-se, neste estudo, a estratégia de mensurar o impacto direto da produção de biodiesel sobre a agricultura familiar no arranjo do Selo Biocombustível Social (SBS). O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, em balanço sobre o SBS para a safra 2019-2020 [132], apresenta os dados sobre: a produção de biodiesel, a produção de matéria-prima da agricultura familiar, o número de famílias inseridas nos arranjos do SBS e os valores monetários gerados, cujos resultados são sumarizados na Tabela 53.

Tabela 53. *Principais resultados da agricultura familiar sob o arranjo do Selo Biocombustível Social, em valores nominais. Fonte:* [1, 50, 132].

Ano	Volume de produção de biodiesel (m³)	Volume de produção da agricultura familiar no arranjo do SBS (mil ton)	Número de famílias inseridas nos arranjos do SBS	Valor da produção da agricultura familiar no arranjo do SBS		
				Valor total anual (R$ milhões por ano)	Valor médio anual por família (R$)	Valor médio por volume de biodiesel (R$/litro)
2008	1.167.128	361,57	28.656	276,52	9.649,64	0,24
2009	1.608.448	857,02	51.047	677,35	13.269,22	0,42
2010	2.386.399	1.652,57	100.371	1.058,69	10.547,80	0,44
2011	2.672.760	1.911,29	104.295	1.519,17	14.566,09	0,57

2012	2.717.483	2.205,12	92.673	2.110,50	22.773,58	0,78
2013	2.917.488	2.793,00	83.754	2.855,20	34.090,34	0,98
2014	3.422.210	3.033,29	73.479	3.252,83	44.268,84	0,95
2015	3.937.269	3.482,44	72.485	3.942,20	54.386,42	1,00
2016	3.801.339	3.317,80	70.255	4.273,56	60.829,26	1,12
2017	4.289.840	3.055,94	59.909	3.502,64	58.466,01	0,82
2018	5.336.529	3.907,39	61.983	5.176,59	83.516,30	0,97
2019	5.902.461	3.517,94	59.265	4.596,77	77.563,04	0,78
2020	6.432.008	3.703,23	74.244	5.941,71	80.029,47	0,92

A Tabela 53 mostra, nas três primeiras colunas, que entre 2008 e 2020, a produção de biodiesel e de matéria-prima oriunda da agricultura familiar apresentaram tendência de crescimento contínuo, processo não acompanhado pela quantidade de famílias inseridas no arranjo do SBS, cujo número apresentou tendência de queda ao longo da série histórica; pode-se observar que o quantitativo de famílias participantes apresentou tendência de queda entre 2010 e 2019, somente tendo invertido essa tendência em 2020, quando o número de famílias se elevou 25%.

Como consequência, dois movimentos podem ser verificados quanto ao valor da produção da agricultura familiar nos arranjos do Selo Biocombustível Social:

i. Primeiramente, enquanto a expansão da produção de biodiesel e de matéria-prima oriunda da agricultura familiar nos arranjos do Selo Biocombustível Social contribuíram para o incremento do valor total anual da renda gerada pela produção da agricultura familiar, a redução do número de famílias contempladas gerou uma amplificação do valor da renda média por família; e
ii. Em segundo lugar, o valor médio da produção da agricultura familiar nos arranjos do SBS, por volume de biodiesel (R$/litro) oscilou ao longo da série histórica, a depender da diferença do ritmo de expansão da produção de biodiesel e da produção de matéria-prima da agricultura familiar em cada ano. Esse indicador encerrou o ano de 2020 com o valor médio da produção da agricultura familiar em R$ 0,92/litro, em termos nominais.

Para mensurar o valor da externalidade positiva mensal da produção de biodiesel sobre a agricultura familiar, portanto, é necessário aplicar esse valor médio de R$ 0,92/litro ao volume de biodiesel produzido em cada cenário de teor de biodiesel. Para isso, o valor foi deflacionado a preços de janeiro de 2013 (deflator = 1,543766) com vistas

a refletir a mesma base comparativa trazida nas demais análises, chegando ao valor médio por volume de biodiesel de R$ 0,598/litro. Os resultados são apresentados na Tabela 54.

Tabela 54. Quantificação da externalidade positiva social da produção de biodiesel sobre a agricultura familiar.

Teor de Biodiesel	Quantidade Mensal de Biodiesel (m³)	Valor da externalidade positiva mensal sobre a agricultura familiar (R$ milhões)
0%	0	0
6%	261.780	156,65
7%	305.409	182,75
8%	349.038	208,86
9%	392.667	234,97
10%	436.296	261,07
11%	479.925	287,18
12%	523.554	313,29
13%	567.182	339,40
14%	610.810	365,50
15%	654.438	391,61
20%	872.547	522,12

5.7. Resultados do modelo integrado de análise de bem-estar com incorporação de externalidades

Os resultados obtidos nas seções 5.4 a 5.6 permitiram mensurar e compreender três dinâmicas do processo econômico, que embasa a política pública do biodiesel: (i) a relação entre capacidade de produção, preço e consumo de biodiesel; (ii) o impacto da variação do teor de biodiesel sobre os excedentes do consumidor e do produtor e, em última instância, sobre o bem-estar; e (iii) o valor monetário das externalidades positivas geradas pela produção e pelo uso do biodiesel, relevante como estratégia de agregação de valor à política pública. As Tabelas 55 e 56, a seguir, consolidam os resultados do modelo integrado para os horizontes temporais de um mês e de um ano, respectivamente, considerados os valores reais referentes a janeiro de 2013.

Tabela 55. Resultado do modelo integrado de análise de bem-estar com incorporação das externalidades (mensal).

Teor de Biodiesel	Bem-Estar - Modelo de Equilíbrio Parcial				Externalidades Positivas na Produção e no Consumo de Biodiesel							Resultado do Modelo Integrado (R$ milhões) Conservador	Resultado do Modelo Integrado (R$ milhões) Otimista
	EC (R$ milhões)	EP (R$ milhões)	Variação $\Delta\pi_\delta^D + \Delta\pi_\delta^R$ (R$ milhões)	Variação do Bem-Estar (R$ milhões)	GEE (R$ milhões) Conservador	GEE (R$ milhões) Otimista	Saúde Pública (R$ milhões) Conservador	Saúde Pública (R$ milhões) Otimista	Agricultura Familiar (R$ milhões)	Benefício das Externalidades (R$ milhões) Conservador	Benefício das Externalidades (R$ milhões) Otimista		
0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6%	- 343,49	59,43	- 73,51	**- 357,57**	5,92	14,79	8,05	43,55	156,65	170,61	214,98	- 186,96	- 142,59
7%	- 406,24	74,84	- 86,19	**- 417,59**	6,90	17,25	9,39	50,81	182,75	199,04	250,81	- 218,55	- 166,78
8%	- 481,72	102,98	- 107,77	**- 486,51**	7,89	19,72	10,73	58,07	208,86	227,48	286,64	- 259,03	- 199,86
9%	- 541,93	115,85	- 115,82	**- 541,90**	8,87	22,18	12,07	65,32	234,97	255,91	322,47	- 285,99	- 219,43
10%	- 602,14	128,72	- 122,67	**- 596,09**	9,86	24,65	13,41	72,58	261,07	284,35	358,30	- 311,74	- 237,78
11%	- 663,31	142,55	- 129,04	**- 649,80**	10,84	27,11	14,16	76,61	287,18	312,18	390,90	- 337,62	- 258,90
12%	- 728,33	160,23	- 137,10	**- 705,20**	11,83	29,58	14,90	80,63	313,29	340,02	423,50	- 365,18	- 281,71
13%	- 801,49	186,05	- 149,96	**- 765,39**	12,82	32,04	16,39	88,70	339,40	368,60	460,13	- 396,79	- 305,26
14%	- 871,08	208,31	- 158,71	**- 821,48**	13,80	34,51	17,88	96,76	365,50	397,19	496,77	- 424,30	- 324,71
15%	- 969,94	259,83	- 187,35	**- 897,46**	14,79	36,97	19,37	104,83	391,61	425,77	533,40	- 471,69	- 364,05
20%	- 2.572,80	1.626,46	- 1.051,75	**- 1.998,09**	19,72	49,29	20,86	112,89	522,12	562,70	684,30	- 1.435,39	- 1.313,79

Tabela 56. Resultado do modelo integrado de análise de bem-estar com incorporação das externalidades (anual).

Teor de Biodiesel	Bem-Estar - Modelo de Equilíbrio Parcial				Externalidades Positivas na Produção e no Consumo de Biodiesel							Resultado do Modelo Integrado (R$ milhões) Conservador	Resultado do Modelo Integrado (R$ milhões) Otimista
	EC (R$ milhões)	EP (R$ milhões)	Variação $\Delta\pi_{\delta}^{D} + \Delta\pi_{\delta}^{R}$ (R$ milhões)	Variação do Bem-Estar (R$ milhões)	GEE (R$ milhões) Conservador	GEE (R$ milhões) Otimista	Saúde Pública (R$ milhões) Conservador	Saúde Pública (R$ milhões) Otimista	Agricultura Familiar (R$ milhões)	Benefício das Externalidades (R$ milhões) Conservador	Benefício das Externalidades (R$ milhões) Otimista		
0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6%	- 4.121,91	713,19	- 882,15	**- 4.290,86**	70,98	177,46	96,57	522,59	1.879,75	2.047,31	2.579,80	- 2.243,56	- 1.711,06
7%	- 4.874,83	898,03	- 1.034,31	**- 5.011,11**	82,81	207,04	112,67	609,69	2.193,04	2.388,52	3.009,76	- 2.622,59	- 2.001,35
8%	- 5.780,58	1.235,74	- 1.293,25	**- 5.838,10**	94,65	236,61	128,76	696,78	2.506,33	2.729,73	3.439,72	- 3.108,36	- 2.398,37
9%	- 6.503,15	1.390,20	- 1.389,85	**- 6.502,79**	106,48	266,19	144,86	783,88	2.819,61	3.070,95	3.869,68	- 3.431,85	- 2.633,11
10%	- 7.225,71	1.544,67	- 1.472,00	**- 7.153,04**	118,31	295,77	160,95	870,98	3.132,90	3.412,16	4.299,64	- 3.740,88	- 2.853,39
11%	- 7.959,78	1.710,65	- 1.548,52	**- 7.797,65**	130,14	325,34	169,88	919,28	3.446,18	3.746,20	4.690,81	- 4.051,45	- 3.106,84
12%	- 8.739,90	1.922,70	- 1.645,24	**- 8.462,44**	141,97	354,92	178,81	967,59	3.759,46	4.080,24	5.081,97	- 4.382,20	- 3.380,47
13%	- 9.617,90	2.232,66	- 1.799,48	**- 9.184,72**	153,80	384,49	196,69	1.064,36	4.072,74	4.423,23	5.521,60	- 4.761,49	- 3.663,12
14%	- 10.452,97	2.499,68	- 1.904,52	**- 9.857,81**	165,63	414,07	214,57	1.161,14	4.386,02	4.766,22	5.961,23	- 5.091,59	- 3.896,58
15%	- 11.639,23	3.118,01	- 2.248,26	**- 10.769,48**	177,46	443,64	232,46	1.257,91	4.699,30	5.109,21	6.400,86	- 5.660,26	- 4.368,62
20%	- 30.873,65	19.517,48	- 12.620,94	**- 23.977,12**	236,60	591,50	250,34	1.354,69	6.265,46	6.752,40	8.211,65	- 17.224,71	- 15.765,46

As Tabelas 55 e 56 trazem o resultado integrado da análise de bem-estar, baseado no modelo de equilíbrio parcial proposto no presente estudo, com a incorporação das externalidades positivas geradas pela produção e pelo consumo do biodiesel, pode-se destacar as seguintes conclusões:

- No âmbito da análise econômica do bem-estar, que contempla os excedentes do produtor e do consumidor e as variações das margens dos distribuidores, apenas o excedente do produtor é positivo à medida que o teor de biodiesel se eleva de 6% a 20%, em comparação com o cenário-base. O resultado indica que a adição de biodiesel ao óleo diesel, reduz o bem-estar, por mês, entre R$ 357 milhões (δ = 6%) e R$ 1,998 bilhão (δ = 20%);
- No âmbito da mensuração das externalidades positivas geradas pelo consumo e pela produção do biodiesel, há dois cenários possíveis: (i) o conservador, no qual o valor do CBIO situa-se em R$ 40 por CBIO e somente se consideram as emissões de particulados evitadas na RMSP; e (ii) o otimista, com o CBIO a R$ 100 e considerando as emissões evitadas nas regiões metropolitanas brasileiras. O benefício total das externalidades, por mês, varia entre R$ 170 milhões (δ = 6% no cenário conservador) e R$ 684 milhões (δ = 20% no cenário otimista); e
- O resultado do modelo integrado, considera a soma da variação do bem-estar com a incorporação das externalidades, gera em todos os casos, um resultado negativo para a sociedade na análise estática realizada. A explicação para esse resultado deriva principalmente do significativo sobrepreço do biodiesel em relação ao óleo diesel fóssil desde 2020, deflagrado pela conjuntura internacional de elevação dos preços das *commodities* agrícolas, gerada, principalmente, pela pandemia da covid-19. Isso, contudo, não significa que a política pública tenha trazido resultados negativos à sociedade brasileira desde o início do PNPB; pelo contrário, representa uma avaliação estática em momento conjunturalmente desfavorável ao biodiesel em termos de preços relativos face ao óleo diesel fóssil, na qual esse sobrepreço supera o valor das externalidades mensuradas no modelo proposto.

Deve-se ressaltar que anteriormente ao período da pandemia da covid-19, o biodiesel apresentava preços relativos competitivos em relação ao óleo diesel fóssil, conforme já explanado no Capítulo 2 (Figura 12), cenário distinto do presenciado nos anos de 2020 a 2022, quando o biodiesel chegou a custar, em alguns meses, o dobro do óleo diesel fóssil.

Por esse motivo, deve-se interpretar o resultado do modelo integrado com a ressalva de que ele se refere a uma análise estática referente ao retrato de um momento, devendo ser atualizada sempre que for preciso obter um parecer para um novo conjunto de dados.

O pano de fundo da ressalva reside no fato de que, dada essa situação conjuntural de elevado sobrepreço do biodiesel em relação ao óleo diesel, seria natural se esperar que os resultados do modelo integrado fossem negativos, mesmo sendo incorporadas as externalidades positivas geradas pela produção e pelo uso do biodiesel. Porém, é possível alcançar um resultado positivo num cenário de menor sobrepreço no qual o valor associado às externalidades supere, em termos de bem-estar, as perdas de excedente do consumidor.

À guisa de conclusão, os resultados apresentados nas Tabelas 55 e 56 permitem trazer duas avaliações adicionais: a primeira, sobre a mensuração de valor que cada uma das três externalidades, consideradas na presente tese, adicionam ao biodiesel, em medida equivalente em reais por litro; a segunda, sobre o cálculo do sobrepreço máximo do biodiesel que equalizaria o resultado do modelo integrado de bem-estar com incorporação das externalidades, apresentado no presente capítulo.

A mensuração de valor das três externalidades associadas ao biodiesel, expressa em reais por litro, é apresentada na Tabela 57.

Tabela 57. Mensuração de valor das externalidades associadas ao biodiesel, em reais por litro.

Externalidade associada ao biodiesel	**Mensuração de Valor (R$/litro)**
Redução de emissões de GEE	0,02−0,06
Redução de emissões de particulados sobre a saúde publica	0,02−0,17
Incentivo à agricultura familiar	0,60

Os resultados da Tabela 57 mostram que:

- A externalidade positiva ambiental relacionada à redução das emissões de GEE gera um valor para a sociedade que oscila entre R$ 0,02 (cenário conservador) e R$ 0,06 (cenário otimista) por litro de biodiesel;
- A externalidade positiva ambiental relacionada à despesa evitada com saúde pública derivada da redução de emissões de materiais particulados devido ao uso do biodiesel gera um valor para a sociedade que oscila entre R$ 0,02 (cenário conservador) e R$ 0,17 (cenário otimista) por litro de biodiesel; e

- A externalidade positiva social relacionada ao incentivo à agricultura familiar gera um valor para a sociedade de R$ 0,60 por litro de biodiesel.

Esses valores significam, em última instância, que mesmo que o biodiesel esteja, em certo momento, mais caro do que o óleo diesel fóssil, é possível relativizar esse sobrepreço a partir da incorporação das externalidades positivas geradas.

Por fim, chega-se ao cálculo do sobrepreço máximo do biodiesel que equalizaria o resultado do modelo integrado de bem-estar com incorporação das externalidades, apresentado no presente capítulo. Esse resultado, apresentado na Tabela 58, mostra o quanto o biodiesel poderia estar mais caro em comparação ao óleo diesel fóssil, para cenários distintos de teor de mistura do biodiesel no diesel, sem que isso significasse, consideradas as premissas adotadas nesta tese, uma perda de bem-estar para a sociedade.

Tabela 58. Mensuração do sobrepreço máximo do biodiesel para equalizar o resultado do modelo integrado, em reais por litro.

Teor de Biodiesel	**Sobrepreço máximo do biodiesel para equalizar o resultado do modelo integrado (R$/litro)**	
	Cenário Conservador	**Cenário Otimista**
0%	-	-
6%	0,71	0,54
7%	0,72	0,55
8%	0,74	0,57
9%	0,73	0,56
10%	0,71	0,55
11%	0,70	0,54
12%	0,70	0,54
13%	0,70	0,54
14%	0,69	0,53
15%	0,72	0,56
20%	1,65	1,51

6. Conclusões

A presente tese buscou, em linhas gerais, analisar o alcance dos objetivos do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel através dos leilões públicos de biodiesel, e propor um modelo integrado de análise do bem-estar com incorporação de externalidades envolvidas na produção e no consumo do biodiesel.

Em relação ao **primeiro objetivo dos leilões de biodiesel**, de *conferir suporte econômico à cadeia produtiva de biodiesel e contribuir para o atendimento das diretrizes do PNPB por meio da garantia do fornecimento de biodiesel*, verificou-se que a política pública buscou viabilizar esse suporte às diretrizes do PNPB por meio de cinco instrumentos: (i) a implementação do mandato de mistura do biodiesel no óleo diesel; (ii) a viabilização da expansão do parque industrial de produção de biodiesel; (iii) a possibilidade de se produzir biodiesel a partir de diversas matérias-primas e em quaisquer regiões; (iv) a reserva de mercado aos produtores de biodiesel detentores do Selo Biocombustível Social, em suporte à agricultura familiar; e (v) a reserva de mercado aos produtores de biodiesel de pequeno porte.

Os leilões de biodiesel desempenharam papel crucial em relação ao objetivo do PNPB de *garantir preços competitivos e suprimento do produto*, em especial no início do programa, quando o mercado tinha oferta incipiente, sendo necessário aplicar um mecanismo econômico que propiciasse a organização da oferta e a formação de preços de modo transparente. Com elevadas taxas médias de crescimento do mercado de biodiesel (*indicador 1.a, na Tabela 6*) desde a implementação do PNPB, na maior parte dos casos houve crescimentos superiores à do óleo diesel fóssil e do produto interno bruno (PIB), devido principalmente à elevação do mandato de mistura obrigatória do biodiesel no óleo diesel de 2008 a 2022; assim, observou-se uma expansão sustentada do parque industrial do biodiesel.

A indústria do biodiesel passou por um processo concomitante de redução do número de usinas autorizadas e por uma ampliação do quantitativo de usinas participantes dos leilões (*indicador 1.b, na Figura 6*). Também houve um aumento da capacidade produtiva total da indústria e da média por usina de biodiesel (*indicador 1.c, na Figura 7*). Desse modo, os leilões de biodiesel e o mecanismo dos mandatos de mistura obrigatória lograram contribuir para o objetivo do PNPB de garantir o suprimento do produto. Porém, é evidente a manutenção da capacidade ociosa da indústria em patamares superiores a

30% em toda a série histórica (*indicador 1.d, na Figura 8*), o que é explicado, principalmente, pela previsibilidade trazida pelos cronogramas de contínua elevação do teor de biodiesel misturado no óleo diesel, os quais levaram a indústria a investir em expansão do parque industrial visando ao atendimento dos compromissos mandatórios de oferta.

Se, por um lado, a existência de significativa capacidade ociosa indica capacidade de produzir mais biodiesel e atender compromissos maiores de mistura no óleo diesel, por outro, essa capacidade ociosa não se converteu em redução de preços ao consumidor, em especial devido às regras do próprio leilão de biodiesel, que ocasionaram sistematicamente a ascensão de preços nos certames (*indicador 2.c, nas Figuras 14, 15, 17 e 18*).

Ainda em relação ao objetivo, dos leilões de biodiesel, referente à garantia de suporte econômico à cadeia do biodiesel, três temas foram instrumentalizados através dos leilões para se avaliar o alcance dos objetivos do PNPB relacionados à sustentabilidade do programa, especialmente quanto: (i) à diversificação dos insumos utilizados para a produção de biodiesel, (ii) à inclusão social e (iii) ao desenvolvimento regional.

Em *primeiro lugar*, um dos meios averiguados para avaliar o suporte ao fornecimento de biodiesel foi *analisar a diversificação das matérias-primas* usadas para produção. Em que pese ser uma das características do programa a flexibilidade na produção, o que se verificou ao longo dos anos foi a predominância do óleo de soja como insumo e produzido principalmente nas regiões do Centro-Oeste e Sul (*indicador 1.e, nas Tabelas 7 a 9*).

Em *segundo lugar*, a inclusão social foi avaliada a partir dos *resultados do Selo Biocombustível Social (SBS)*. Foram analisadas questões como a adesão de usinas ao Selo Biocombustível Social (*indicador 1.f, nas Tabelas 10 e 11 e na Figura 9*), a comparação da participação regional na produção de biodiesel e na aquisição de matérias-primas no âmbito do SBS (*indicador 1.g, na Tabela 12 e nas Figuras 10 e 11*) e a evolução da diversificação das matérias-primas adquiridas no âmbito do SBS (*indicador 1.h, na Tabela 13*). Desde o início dos leilões de biodiesel, a evolução da participação dos produtores de biodiesel detentores do Selo cresceu e amealhou a quase totalidade das usinas fornecedoras de biodiesel para a garantia da mistura obrigatória no óleo diesel. Sob esse aspecto, a política pública foi bem-sucedida ao proporcionar a adesão massiva de

produtores de biodiesel ao SBS, garantindo aquisições mínimas de matéria-prima a partir da agricultura familiar.

Os objetivos energéticos do instrumento do SBS para produção de biodiesel preferencialmente a partir de matérias-primas oriundas da agricultura familiar não estão sendo integralmente atendidos, em especial porque suas regras de concessão aos produtores de biodiesel estão viabilizando a universalização do acesso ao Selo, mas estão contribuído para a concentração regional e das matérias-primas utilizadas, devido a que para a aquisição do SBS tem sido exigido apenas a aquisição da matéria-prima oriunda da agricultura familiar, sem se exigir sua utilização para a produção de biodiesel.

Em *terceiro lugar*, quanto ao *desenvolvimento regional*, foi avaliada a *reserva de mercado ao produtor de biodiesel de pequeno porte*, concluindo-se pelo não alcance dos objetivos dessa política pública. Realizou-se uma avaliação contrafactual comparando os resultados de três indicadores, antes e depois da implementação da regra: a variação do volume de vendas de biodiesel pelos produtores de pequeno porte (*indicador 1.i, na Tabela 14*); a comparação dos preços de venda de biodiesel (*indicador 1.j, na Tabela 15*) e dos faturamentos dos produtores de pequeno porte face aos demais (*indicador 1.k, na Tabela 16*). A regra do produtor de pequeno porte na política pública do biodiesel foi ineficaz no sentido de ampliar a participação desses produtores, haja vista que anteriormente à regra eles já vendiam biodiesel em patamar de volume similar ao que foi praticado posteriormente, não sendo a reserva de mercado necessária para garantia de permanência desses agentes no mercado de biodiesel. Além disso, essa reserva de mercado, garantiu um aumento expressivo do preço do biodiesel proveniente dos produtores de pequeno porte, cujo ágio em relação ao preço dos demais produtores alcançou patamar de 20%. Portanto, embora o CNPE tenha competência para regulamentar a regra do produtor de pequeno porte no contexto do novo modelo de comercialização de biodiesel, vigente a partir de 2022, não se sustenta no âmbito da Lei de Liberdade Econômica, posto que não é possível demonstrar objetivamente as vantagens para o interesse público que compensem os sacrifícios resultantes do tratamento favorecido para pequenos produtores de biodiesel, cujo custo adicional para a sociedade brasileira foi mensurado em R$ 1,35 bilhão anuais.

Em relação ao **segundo objetivo dos leilões de biodiesel**, de *viabilizar a competição pelo produto, com vistas a um ótimo econômico e a um preço que remunere adequadamente os produtores e beneficie os consumidores*, os indicadores analisados

confirmam o atendimento apenas parcial desse objetivo, especialmente devido a um desenho de regras dos leilões públicos que privilegiavam a remuneração dos produtores mais do que o benefício aos consumidores. Embora o setor produtivo do biodiesel apresente uma estrutura de mercado desconcentrada (*indicador 2.b, na Figura 13*) ao longo de toda a série histórica estudada e os leilões sejam mecanismos que, de fato, promovem uma sinalização transparente dos preços aos agentes participantes, observou-se no período uma dinâmica persistente de ascensão de preços do biodiesel durante os leilões (*indicador 2.a, na Figura 12; e indicador 2.c, nas Figuras 14, 15, 17 e 18*), favorecendo o aumento do faturamento dos produtores de biodiesel, em prejuízo dos consumidores.

Esse mecanismo teve como fatores determinantes o próprio modelo de leilão eleito pelo governo federal (leilão do tipo Inglês) e, principalmente, uma oferta de biodiesel em volume significativamente inferior ao de suas capacidades de produção autorizadas pela ANP e habilitadas nos leilões. Esse aspecto microeconômico traduzido por um menor excedente de oferta teve o papel de impulsionar a competição entre os distribuidores pelo biodiesel disponível, ocasionando a elevação de seus preços. O fato de o número de lances válidos (ou lances vencedores) ser praticamente estável ao longo de toda a política pública, mas o número de lances latentes (lances não vencedores) ser bastante superior, reflete que ao longo dos certames os lotes de biodiesel negociados passavam parte significativa do tempo de negociação apenas tendo sua propriedade provisória transferida de um para outro distribuidor, elevando o preço a cada transação. Se, por um lado, esse mecanismo significa competição entre os distribuidores, significa também um preço final de equilíbrio ineficiente.

Em relação ao **terceiro objetivo dos leilões de biodiesel**, de *reduzir as barreiras à entrada de agentes que tenham interesse em participar do processo comercial*, foram analisados o desempenho do preço-teto regulador (*indicador 3.a, nas Figuras 16 e 17*), representado pelo Preço Máximo de Referência (PMR), e a aplicação das regras de habilitação dos produtores de biodiesel nos leilões (*indicador 3.b, nas Tabelas 19 e 20; e indicador 3.c, na Tabela 21*). O preço-teto foi avaliado a partir do deságio entre o PMR e os preços iniciais de oferta dos produtores de biodiesel nos leilões. O resultado demonstrou que, ao longo da série histórica representada pelos 54 leilões ocorridos entre 2013 e 2021, apenas em sete casos – L28, L39, L40, L75, L79, L81 e L82 – o deságio entre o PMR e o preço inicial médio após a conclusão da Etapa 2 foi inferior a 10%. Em

todos os outros 47 casos esse deságio superou 10%, devendo-se destacar a existência de 29 leilões nos quais o deságio superou 20%. Ou seja, a normalidade do comportamento dos ofertantes nos leilões de biodiesel é a existência de ofertas cujos deságios em relação ao PMR são significativos, em valores médios nacionais, indicando que, em tese, o preço-teto ao mesmo tempo não representou barreira à entrada dos produtores de biodiesel nos leilões e remunerou minimamente os custos desses agentes. Também regionalmente os PMRs não foram fator de restrição à participação dos produtores habilitados nos leilões, embora tenham sido observadas características como a existência de discrepância entre valores médios e medianos das dispersões regionais em comparação ao deságio médio nacional e variabilidade da amplitude dos deságios mínimo e máximo entre as regiões. Assim, o instrumento do preço-teto cumpriu seu objetivo institucional, apesar de a dimensão dos deságios indicar que o PMR carecia de uma defasagem metodológica do cálculo em relação ao funcionamento do mercado.

Considerando os 54 leilões entre 2013 e 2021, houve 2.149 habilitações e 72 inabilitações durante o período, totalizando 3,4% as inabilitações de pedido de participação nos certames. Além disso, houve 26 leilões nos quais não houve nenhuma inabilitação, restando 28 certames nos quais pelo menos uma usina foi inabilitada, o que representa 52% dos casos. Na média do período entre 2013 e 2021, para uma capacidade de oferta média de 1.279.860 metros cúbicos por leilão, registrou-se uma redução de capacidade de oferta média por leilão, por conta das usinas inabilitadas, de 16.108 metros cúbicos, ou 1,26% do total. Desse modo, ao se avaliar o quanto essas inabilitações dificultaram a participação de usinas interessadas e restringiram a oferta de biodiesel, observa-se que as inabilitações representam baixa proporção, em termos numéricos e volumétricos, face ao universo de participantes e à capacidade de oferta.

Considerados os aspectos da política pública do biodiesel relacionados às regras de comercialização por meio dos leilões, foram estudados os determinantes do comportamento dos participantes dos leilões de biodiesel no Brasil, entre 2012 e 2019, com vistas a realizar o enquadramento teórico-econômico dos leilões e a identificar as consequências dessa dinâmica competitiva para o mercado de biodiesel. Concluiu-se que os leilões de biodiesel são leilões do tipo Inglês, multiunidades, sequenciais, de primeiro preço e simétricos em relação aos participantes; ademais, confirmou-se que os leilões de biodiesel estiveram configurados sob o paradigma dos valores comuns e da rejeição do

paradigma dos valores privados independentes, mas não dos demais subparadigmas dos valores privados afiliados, sendo presente o fenômeno da maldição do vencedor.

A qualificação dos leilões de biodiesel como leilões do tipo Inglês nos quais se aplica o paradigma dos valores comuns e no qual se verificou a presença da maldição do vencedor permitiu interpretar o funcionamento do mecanismo em relação à eficiência alocativa. Nos leilões de biodiesel, a partir de um valor inicial definido pelas ofertas dos produtores de biodiesel, ocorre, devido à dinâmica competitiva, um processo de ascensão dos preços até que se chegue a um preço final definido pelos lances vencedores dos licitantes. Buscando explorar essas ineficiências alocativas, construiu-se um modelo de otimização de carteiras, baseado na média-variância, inspirado no estudo de Markowitz sobre determinação de portfólios eficientes. Foram obtidas quatro conclusões que, compreendidas sistemicamente, têm o potencial de contribuição ao processo de avaliação dos resultados do programa brasileiro de biodiesel.

A **primeira conclusão** indicou que a carteira ótima de risco mínimo dos licitantes dos leilões de biodiesel contempla quatro ativos dentre os 35 disponíveis, e distribuídos entre três regiões brasileiras, incluindo as duas de maior relevância em termos de suprimento − Centro-Oeste e Sul. Verificou-se também que, tendo em conta as capacidades autorizadas de produção de cada uma dessas quatro usinas, a demanda máxima do licitante para que este possa aplicar a composição da carteira ótima é de um volume de 21.917,46 metros cúbicos. Em termos práticos, isso significa que o resultado do modelo é passível de ser integralmente aplicado a 93 dos 97 licitantes analisados, sendo a grande maioria deles distribuidores com atuação local e regional.

A **segunda conclusão** foi a de que todos os grupos de licitantes, sejam eles de atuação local, regional ou nacional, apresentam carteiras reais com composição subótima. Isso significa que se aplica a todos a oportunidade de definição de carteiras de menor variância por meio da alocação das compras de biodiesel em ativos cuja relação entre custo e risco permita ao licitante aproximar sua carteira da fronteira eficiente, levando à redução do risco diversificável.

A **terceira conclusão** evidenciou que há considerável diferença de alocação regional entre as carteiras reais e a carteira eficiente de risco mínimo para todos os *clusters* de demanda representativa, com uma clara diferença de preferência dos licitantes em relação aos ativos das regiões Centro-Oeste e Sul, haja vista que os distribuidores selecionam

proporcionalmente menos ativos da região Centro-Oeste e mais da região Sul, em comparação com o que recomenda o modelo de otimização. Esse fato demonstrou a oportunidade existente aos participantes dos leilões no sentido de incorporação do risco como critério para a tomada de decisão.

A **quarta conclusão** mostrou que, com base no modelo de otimização de carteiras, pôde-se determinar uma alocação eficiente de determinada demanda de biodiesel num leilão entre os diversos ativos disponíveis, indicando, na simulação do modelo, o objetivo de minimizar o custo, de modo que o preço final do biodiesel fosse o menor possível. Em outras palavras, esse resultado seria aquele no qual a ascensão dos preços é a menor possível para o leilão como um todo, levando a um equilíbrio final mais eficiente, e sua diferença em relação ao resultado real foi utilizado como *proxy* do valor da maldição do vencedor.

Essa diferença entre o preço ótimo do modelo de otimização com o objetivo de minimização do custo e o resultado real obtido nos leilões de biodiesel gerou um custo médio adicional de R$ 321 milhões por leilão em 2018 e de R$ 352 milhões por leilão em 2019, a preços de janeiro de 2013. Em valores anualizados e nominais, esses custos médios adicionais alcançariam R$ 1,927 bilhão em 2018 e R$ 2,112 bilhões em 2019. Esses valores podem ser utilizados como uma *proxy* para a mensuração da maldição do vencedor nos leilões de biodiesel e revelam que parte significativa da ascensão de preços durante os certames, embora derive do processo competitivo, tem raiz nesse fenômeno anômalo. Essas estimativas indicam, em síntese, que o custo dessa ineficiência para a sociedade brasileira situou-se ao redor do patamar de R$ 2 bilhões anuais, repassados aos consumidores através dos preços do biodiesel e incorporados ao preço do óleo diesel B.

Diante de todo o exposto, fica evidente que os leilões de biodiesel cumpriram, em grande medida, seus próprios objetivos institucionais, embora tenham sido identificadas oportunidades de melhorias para a política pública em relação à efetividade de suas regras e seus instrumentos, visando a se alcançarem os objetivos do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. Algumas dessas melhorias foram implementadas ao longo do tempo, como a alteração dos requisitos de habilitação das usinas de biodiesel nos leilões, a atualização dos critérios utilizados pela ANP para a elaboração do Preço Máximo de Referência, e a ampliação e flexibilização dos incrementos dos lances dos licitantes ao longo dos certames. Essas melhorias contribuíram para o aprimoramento do

processo de realização dos leilões de biodiesel e de participação dos agentes ofertantes e demandantes.

Em relação aos aspectos estruturais, elencam-se como recomendações e oportunidades de melhoria para a política pública do PNPB, com vistas ao alcance de seus objetivos institucionais:

- Reavaliação dos incentivos atualmente vigentes para a diversificação das matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel e para a diversificação regional dessa produção, especialmente no que tange aos incentivos tributários e aos regramentos do Selo Biocombustível Social para critérios baseados na matéria-prima e na região produtiva;
- Revisão do arcabouço normativo do Selo Biocombustível Social, com o objetivo de dar eficácia ao aspecto energético da política pública, haja vista sido demonstrado que os objetivos energéticos da política pública não foram alcançados de modo satisfatório, embora a quase totalidade dos produtores de biodiesel detenham o Selo. Isso passaria por uma concessão mais criteriosa do Selo às usinas de biodiesel, especialmente através da redução dos multiplicadores aplicados sobre as aquisições de matéria-prima da agricultura familiar, que chegam a contabilizar, para fins de concessão do Selo, em até cinco vezes os valores adquiridos pelos produtores de biodiesel. Também carece de revisão a regra pela qual é suficiente para a concessão do Selo a mera aquisição da matéria-prima, sem que isso se reflita em produção de biodiesel, posto que acaba conferindo benefício de reserva de mercado no setor de biodiesel aos produtores detentores do Selo, sem que necessariamente se tenha atendido ao objetivo energético no setor de biocombustíveis, que é o de produzir biodiesel a partir de matéria-prima oriunda da agricultura familiar;
- Não continuidade, no contexto do novo modelo de comercialização de biodiesel, da regra de acesso preferencial de mercado aos produtores de biodiesel de pequeno porte, posto não terem logrado contribuir para o alcance dos objetivos institucionais do PNPB;
- Criação de condições para que seja viabilizada a exportação de biodiesel, o que pode contribuir para a redução da capacidade ociosa historicamente elevada, a ampliação das receitas do setor de biodiesel e a diminuição da dependência que o setor tem em relação ao mandato obrigatório de mistura de biodiesel no óleo diesel

fóssil para a comercialização no Brasil. Dentre os temas que precisam ser endereçados para a exportação do biodiesel nacional citam-se a certificação do produto nacional conforme regras internacionais de qualidade exigidas pelos mercados consumidores e a mitigação dos efeitos gerados pela Lei Kandir, que cria incentivos para a exportação da soja, em detrimento de seu processamento interno e a consequente exportação do produto com valor agregado (óleo de soja e/ou biodiesel);

- Ampliação da contestação de mercado através da importação de biodiesel, o que já é previsto, no novo modelo de comercialização de biodiesel inaugurado pela Resolução CNPE n° 14/2020, para se iniciar em 1° de janeiro de 2023. Porém, essa competição adicional, que tende a beneficiar consumidores pela concorrência, está limitada a 20% do mercado, haja vista ser estabelecida reserva de mercado a 80% do volume total do mercado nacional às usinas de biodiesel detentoras do Selo Biocombustível Social. Considerando o fato de que o desenho de regras de acesso ao Selo atualmente contribui para que a quase totalidade dos produtores de biodiesel se beneficie dessa reserva, sem necessariamente cumprir os objetivos energéticos da política pública, a combinação entre a revisão das regras de acesso ao Selo com uma redução dessa reserva de mercado, atualmente em 80%, constitui medida em prol das diretrizes do PNPB.

Deve-se frisar por fim que embora o estudo tenha se realizado para o período no qual vigeram os leilões de biodiesel, e que estes foram substituídos por um novo modelo de comercialização baseado na contratação direta entre produtores de biodiesel e distribuidores de combustíveis, os aprendizados identificados a partir da análise dos resultados como instrumento de política pública no âmbito do setor de biodiesel podem ser usados. A experiência dos leilões de biodiesel permite também aplicar regras a outros mercados, seja de combustíveis ou não, nos quais se vislumbre a possibilidade de aplicação de leilões como instrumento para a estruturação de mercados ainda incipientes, como ainda se verifica para o caso do diesel verde e do combustível sustentável de aviação, e para mercados de outras áreas.

A elevação do custo do biodiesel em relação ao óleo diesel fóssil trouxe ao debate a importância de se avaliar o valor gerado, pela política pública representada pelo PNPB, à sociedade brasileira. Isso significa mensurar, além do preço do biodiesel, as externalidades geradas pela sua produção e seu uso, especialmente nas dimensões

ambiental e social, que são pilares do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel. A proposta da presente tese foi propor uma metodologia para mensurar o impacto proporcionado pela ampliação ou redução do teor de biodiesel no óleo diesel fóssil sobre o bem-estar da sociedade, integrando um modelo de equilíbrio parcial de demanda e oferta de mercado com uma análise quantitativa das principais externalidades envolvidas na adoção do biocombustível, com vistas à obtenção de um resultado de bem-estar integrado para distintos cenários de teores de mistura de biodiesel no óleo diesel.

Para a estimação da **curva de demanda de óleo diesel B** foram realizadas regressões econométricas com dados em painel, combinando dados *cross-section* (27 unidades da federação) e dados em séries temporais (entre janeiro de 2013 e julho de 2021). Três conclusões foram obtidas. Em primeiro lugar, o modelo por Mínimos Quadrados em Dois Estágios com variáveis instrumentais e com efeitos fixos se mostrou mais adequado para representar a curva de demanda por óleo diesel B. A especificação dessa curva de demanda deu-se em função de duas variáveis: o preço médio do óleo diesel B ao consumidor final na unidade de federação *i* durante o mês *t* (PR_{it}) e a frota de veículos movidos a óleo diesel na unidade da federação *i* durante o mês *t* ($Frota_{it}$). Baseado nessa escolha, os coeficientes da variável PR_{it} (-18,82780) e $Frota_{it}$ (1,454031) foram usados para construir as simulações do equilíbrio parcial e da análise de bem-estar. Em segundo lugar, as características individuais dos dados do painel, representados pelas unidades da federação (*cross-section*), produzem efeitos regionais relevantes e que foram corroborados pelo maior poder explicativo dos modelos de efeitos fixos, cujos R^2 ajustados são significativamente maiores aos modelos de efeitos aleatórios. Em terceiro lugar, foi identificada evidência acerca da presença de endogeneidade, o que indica a adequação do modelo de Mínimos Quadrados em Dois Estágios com variáveis instrumentais, e que as variáveis instrumentais são exógenas em relação à curva de demanda, haja vista afetarem os custos marginais de produção e funcionarem como fatores de deslocamento da curva de oferta da indústria.

Com vistas a estimar a **curva de oferta da indústria de biodiesel**, foram utilizados os dados do 79º e 80º leilões públicos de biodiesel, referentes aos bimestres de maio-junho e de julho-agosto de 2021, para se obter os valores dos custos marginais das firmas, e os dados de julho de 2021 para obter as capacidades autorizadas de produção de cada usina. Foram definidos dois grupos representativos: (i) o *Grupo 1*, dos produtores de biodiesel autorizados pela ANP e que não participam dos leilões, seja por não ter sido

habilitado, seja por não ter realizado oferta de produto para ser arrematado; e (ii) o *Grupo 2*, dos produtores de biodiesel autorizados pela ANP e que participam dos leilões, ofertando o produto para ser arrematado. Foi encontrado que o custo marginal médio das 11 usinas pertencentes ao *Grupo 1* é de R$ 4,926 por litro, valor 46,5% superior ao custo marginal médio das 39 usinas do *Grupo 2*, cujo custo é de R$ 3,362 por litro. O valor de toda a indústria de biodiesel situa-se no patamar de R$ 3,4668.

A **análise estática e de curto prazo do modelo de equilíbrio parcial** proposto na presente tese conduziu ao seguinte conjunto de resultados:

- *Em relação ao preço de equilíbrio do óleo diesel B*: a elevação do teor de 0% para 6%, ou seja, saindo do cenário base para o patamar mínimo de mistura de 6%, conforme o parágrafo único do art. 1° da Lei n° 13.033/2014, eleva o preço do óleo diesel B ao consumidor final em 2,88% fazendo-o sair de R$ 2,73/litro para R$ 2,81/litro. A elevação de 6% para 10% representa um salto nos preços do óleo diesel B de R$ 2,81/litro para 2,87/litro, um aumento de 2,1%; passando o teor de 10% para 15%, o salto é de 9,72%, haja vista o preço de equilíbrio passar para R$ 2,95/litro; por fim, elevar o teor de 15% para 20% gera um aumento do preço para R$ 3,32/litro, incremento de 12,44%;
- *Em relação ao preço de equilíbrio do biodiesel*: o preço de equilíbrio do biodiesel eleva-se à medida que o teor de biodiesel aumenta, saindo de um patamar de R$ 3,25/litro com o teor em 6% até alcançar R$ 4,89/litro com o teor de 20%. Nesse processo, observa-se que na faixa compreendida entre os teores de 6% e 14%, o preço apresenta aumento de apenas 3,5%, no curto prazo, um valor reduzido e que se explica pelo formato da curva de oferta, com longo trecho de horizontalidade explicada pelo conjunto expressivo de usinas com custos marginais de valores próximos. A partir do teor de 14% o preço inicia trajetória ascendente acompanhando a própria curva de oferta de biodiesel, haja vista que a necessidade de quantidades cada vez maiores de biodiesel torna necessário o suprimento por usinas com custos marginais maiores;
- *Em relação à quantidade de equilíbrio de óleo diesel B*: no que tange à variação da quantidade de equilíbrio do óleo diesel B para os distintos teores de biodiesel, verifica-se que a mesma praticamente não se altera, o que encontra explicação teórica e empírica. Como o modelo de equilíbrio parcial é de curto prazo, nesse

horizonte temporal o mercado de óleo diesel apresenta rigidez para que o consumo seja reduzido com o aumento dos preços, o que reflete a baixa elasticidade-preço do óleo diesel no curto prazo;

- *Em relação à capacidade de produção de biodiesel*: as simulações permitem compreender a relação entre a capacidade utilizada, o preço e o consumo do biodiesel. O aumento da utilização da capacidade de 28,1% (δ = 6%) para a utilização de 70,2% (δ = 15%) gera uma elevação dos preços do biodiesel de apenas 5,2%, ou R$ 0,17/litro. Em contrapartida, a passagem da utilização da capacidade de 70,2% (δ = 15%) para 93,5% (δ = 20%) gera uma ascensão dos preços de 42,9%, um valor expressivamente superior. Isso se explica porque a curva de oferta da indústria de biodiesel é relativamente suave em sua curvatura até a quantidade referente ao teor de 15%, a partir do qual a curva adquire formato mais vertical, numa indicação de que as usinas com maior custo marginal de produção passam a ofertar no mercado, gerando o aumento dos preços para equalizar a demanda e a oferta;

- *Em relação ao excedente do consumidor*: a ampliação do uso do biodiesel implica em crescente perda de excedente do consumidor (EC_δ), o que se explica pelo preço do biodiesel consistentemente superior ao preço do óleo diesel fóssil. A vigência do teor de biodiesel de 6% (δ = 6%), por exemplo, reduz em R$ 343,49 milhões por mês o excedente do consumidor em comparação com o cenário base sem uso de biodiesel (δ = 0%), valor este que se amplia para R$ 602,14 milhões com o teor de 10% (δ = 10%) e R$ 969,94 milhões com o teor de 15% (δ = 15%). No limite dos cenários considerados, com o teor de 20% (δ = 20%), o excedente do consumidor reduz-se R$ 2,572 bilhões ao mês;

- *Em relação ao excedente do produtor:* o comportamento do excedente do produtor de biodiesel, em contrapartida, segue caminho distinto. Os resultados do modelo indicam que a ampliação do teor de biodiesel implica na elevação tanto do faturamento das usinas quanto do excedente do produtor (EP_δ), haja vista que preço e quantidade de equilíbrio do biodiesel aumentam. O faturamento sai de R$ 851,57 milhões ao mês com o teor de 6% de biodiesel (δ = 6%), passa por R$ 1,449 bilhão com teor em 10% (δ = 10%) e R$ 2,240 bilhões (δ = 15%), e alcança R$ 4,267 bilhões (δ = 20%). O excedente do produtor, por sua vez, amplia-se em R$ 59,43 milhões ao mês com o teor de 6% de biodiesel (δ = 6%), passa por R$

128,72 milhões com teor em 10% (δ = 10%) e R$ 259,83 milhões (δ = 15%), e alcança R$ 1,626 bilhão (δ = 20%). A razão entre o excedente do produtor e o faturamento revela uma importante questão econômica do funcionamento do mercado no curto prazo, haja vista indicar o quanto do faturamento é de fato capturado pelo produtor de biodiesel. Se com o teor de biodiesel de 6% (δ = 6%) essa razão é de 7,0%, a mesma passa para 8,9% com teor de 10% (δ = 10%), para 11,6% com teor de 15% (δ = 15%) e alcança 38,1% no cenário limite de teor de 20% de biodiesel (δ = 20%). Em outras palavras, a decisão de política pública de aumentar o teor de mistura tem o condão de, no curto prazo, não apenas de elevar as receitas dos produtores de biodiesel, como também de suas margens;

- *Em relação ao mark-up de distribuidores e revendedores de óleo diesel*: à medida que se incrementa o teor de biodiesel de 6% até 20%, dois efeitos opostos e de curto prazo são observados sobre os lucros dos distribuidores e revendedores: um efeito positivo causado pelo aumento do preço do óleo diesel B e um efeito negativo gerado pelo aumento de aquisição de biodiesel, mais caro do que o óleo diesel A. Como resultado, a variação dos lucros desses agentes é representada pela soma desses dois efeitos ($\Delta\pi_{\delta}^{D} + \Delta\pi_{\delta}^{R}$), sendo essa variação sempre negativa e crescente à medida que se amplia o teor de biodiesel, saltando de uma redução de R$ 73,51 milhões por mês com o teor de 6% para uma diminuição de R$ 1,05 bilhão por mês com o teor de 20%; e
- *Em relação ao cálculo do bem-estar*: o bem-estar (BES_{δ}) reduz-se à medida em que o teor de biodiesel é ampliado de 6% a 20%, saindo de um patamar de perda social de R$ 357,57 milhões por mês (com o teor de 6%), para uma perda social de cerca de R$ 2 bilhões mensais (com teor de 20%). Essa redução do bem-estar acaba sendo suportada pelos consumidores, conforme excedente do consumidor negativo e crescente, e pelos distribuidores e revendedores de combustíveis, em benefício dos produtores de biodiesel.

Adicionalmente, foi proposta a mensuração do valor monetário das externalidades positivas geradas pela produção e pelo uso do biodiesel, relevante como estratégia de agregação de valor à política pública. O resultado integrado da análise de bem-estar, baseado no modelo de equilíbrio parcial com a incorporação das externalidades positivas geradas pela produção e pelo consumo do biodiesel, tem como destaque as seguintes conclusões:

- No âmbito da mensuração das externalidades positivas geradas pelo consumo e pela produção do biodiesel, há dois cenários possíveis: (i) o conservador, no qual o valor dos Créditos de Descarbonização (CBIO) situa-se em R$ 40 por CBIO e somente se consideram as emissões de particulados evitadas na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP); e (ii) o otimista, com o CBIO a R$ 100 e considerando as emissões evitadas nas regiões metropolitanas brasileiras. O benefício total das externalidades, por mês, varia entre R$ 170 milhões (δ = 6% no cenário conservador) e R$ 684 milhões (δ = 20% no cenário otimista); e
- O resultado do modelo integrado gera, em todos os casos, um resultado negativo para a sociedade na análise estática realizada. A explicação para esse resultado deriva principalmente do significativo sobrepreço do biodiesel em relação ao óleo diesel fóssil desde 2020, deflagrado pela conjuntura internacional de elevação dos preços das *commodities* agrícolas, gerada, principalmente, pela pandemia da covid-19. Isso, contudo, não significa que a política pública tenha trazido resultados negativos à sociedade brasileira desde o início do PNPB; pelo contrário, representa uma avaliação estática em momento conjunturalmente desfavorável ao biodiesel em termos de preços relativos face ao óleo diesel fóssil, na qual esse sobrepreço supera o valor das externalidades mensuradas no modelo proposto.

À guisa de conclusão, esses resultados permitem trazer duas avaliações adicionais: a primeira, sobre a mensuração de valor que cada uma das três externalidades, consideradas na presente tese, adicionam ao biodiesel, em medida equivalente em reais por litro; a segunda, sobre o cálculo do sobrepreço máximo do biodiesel que equalizaria o resultado do modelo integrado de bem-estar com incorporação das externalidades. A mensuração de valor das três externalidades associadas ao biodiesel, expressa em reais por litro, evidencia que:

- A externalidade positiva ambiental relacionada à redução das emissões de gases causadores de efeito estufa (GEE) gera um valor para a sociedade que oscila entre R$ 0,02 (cenário conservador) e R$ 0,06 (cenário otimista) por litro de biodiesel;
- A externalidade positiva ambiental relacionada à despesa evitada com saúde pública derivada da redução de emissões de materiais particulados devido ao uso do biodiesel gera um valor para a sociedade que oscila entre R$ 0,02 (cenário conservador) e R$ 0,17 (cenário otimista) por litro de biodiesel; e

- A externalidade positiva social relacionada ao incentivo à agricultura familiar gera um valor para a sociedade de R$ 0,60 por litro de biodiesel.

Esses valores significam, em última instância, que mesmo que o biodiesel esteja, em certo momento, mais caro do que o óleo diesel fóssil, é possível relativizar esse sobrepreço a partir da incorporação das externalidades positivas geradas. Por fim, chegou-se ao cálculo do sobrepreço máximo do biodiesel que equalizaria o resultado do modelo integrado de bem-estar com incorporação das externalidades: a mensuração desse sobrepreço máximo mostrou o quanto o biodiesel poderia estar mais caro em comparação ao óleo diesel fóssil, para cenários distintos de teor de mistura do biodiesel no diesel, sem que isso significasse, consideradas as premissas adotadas nesta tese, uma perda de bem-estar para a sociedade. Para um cenário conservador e um teor de biodiesel entre 6% e 15%, esse sobrepreço situa-se ao entre R$ 0,69 por litro e R$ 0,74 por litro, ao passo que no cenário otimista o valor situa-se entre R$ 0,53 por litro e R$ 0,57 por litro.

Algumas recomendações para pesquisas futuras sobre o tema da comercialização de biodiesel e da Política Nacional de Produção e Uso do Biodiesel podem ser indicadas. divididas de acordo com os três grandes temas da tese: (i) avaliação do alcance dos objetivos institucionais do PNPB; (ii) análise econômica dos leilões de biodiesel e modelo de otimização de carteiras; e (iii) modelo integrado de análise de bem-estar com incorporação de externalidades.

Em relação ao tema da análise do alcance dos objetivos institucionais do PNPB através dos resultados dos leilões de biodiesel, dois temas podem ser aprofundados para determinar os resultados da política pública, além da questão da comercialização de biodiesel: a tributação e a qualidade. Ambos constituem assunto de relevância para a política pública do biodiesel e podem ser estudados com vistas à complementação do presente estudo, haja vista a qualidade ser pilar do PNPB e a tributação ser importante instrumento da política pública, especialmente através da desoneração de tributos federais. Assim, podem ser listadas como oportunidades de pesquisa futura: (i) avaliação do alcance dos resultados esperados da política pública do biodiesel em relação à aplicação dos recursos advindos da renúncia tributária de PIS-Pasep e Cofins, tanto no âmbito da política pública em geral quanto no âmbito específico das desonerações sob os arranjos do Selo Biocombustível Social; (ii) análise dos desafios da tributação estadual do ICMS no âmbito no novo modelo de comercialização; e (iii) o avaliação dos resultados de qualidade do biodiesel no contexto de evolução da mistura obrigatória e de

aprimoramento da especificação regulamentada pela ANP. Também podem ser indicadas como recomendações para pesquisas futuras, já no âmbito da temática comercial, uma avaliação do alcance dos resultados do novo modelo de comercialização de biodiesel, instaurado pela Resolução CNPE nº 14/2020 e pela Resolução ANP nº 857/2021, em relação aos objetivos para os quais fora criado em substituição aos leilões públicos.

No que tange ao tema da análise econômica dos leilões de biodiesel, sugestão de tópico para pesquisa é a aplicação da teoria antitruste visando à investigação da existência de colusão entre licitantes e ofertantes ao longo dos anos de existência dos leilões. Uma segunda indicação para pesquisas futuras é, para obtenção da fronteira eficiente dos licitantes no contexto do modelo de otimização de carteiras, utilizar a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA), com vistas a mensurar as eficiências alocativas. Também se situa entre oportunidades de pesquisa aplicação, para outros leilões públicos de energia, da metodologia usada para avaliar os leilões de biodiesel, em especial quanto à mensuração da maldição do vencedor.

Por fim, em relação ao assunto relacionado ao modelo integrado de análise de bem-estar com incorporação de externalidades, a tese se propôs a apresentar um modelo de equilíbrio parcial de curto prazo para o mercado de biodiesel e integrar na análise as principais externalidades relacionadas aos pilares ambiental e social que compõem o PNPB. Por esse motivo, o modelo proposto desconsidera questões dinâmicas e de longo prazo do mercado de biodiesel, ficando posta como recomendação para futuras pesquisas a proposição de um modelo de equilíbrio geral e dinâmico, voltado para a tomada de decisões de longo prazo da política pública. Por fim, no que tange às externalidades escolhidas na presente tese, foram priorizadas as três principais externalidades relacionadas aos pilares do PNPB, sendo possível, contudo, estender o modelo por meio da incorporação de outras economias externas, inclusive externalidades negativas geradas pela produção e uso do biodiesel. São exemplos de externalidades adicionais passíveis de serem incorporadas na análise: o impacto gerado sobre o setor de empregos; o impacto sobre as cadeias agropecuárias associadas, a exemplo do mercado de farelo de soja e de proteínas animais; o adicional de emissões de gases de efeito estufa ocasionado pelo transporte de biodiesel por todo o território nacional, devido à necessidade de cumprimento de um mandato uniforme nacional; a renúncia tributária; entre outros.

7. Referências bibliográficas

[1] ANP. *Dados estatísticos mensais*, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos>. Acesso em: 12/01/2021.

[2] MAHMUDUL, H. M.; HAGOS, F. Y.; MAMAT, R.; ABDUL ADAM, A.; ISHAK, W. F. W. e ALENEZI, R. "Production, characterization and performance of biodiesel as an alternative fuel in diesel engines – A review". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 72, pp. 497–509, 2017. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.001

[3] ANP. *Produção e fornecimento de biocombustíveis: biodiesel*, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel>. Acesso em: 12/01/2021.

[4] NAYLOR, R. L. e HUGGINS, M. M. "The political economy of biodiesel in an era of low oil prices". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, pp. 695–705, 2017. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.026

[5] WILKINSON, J. e HERRERA, S. "Biofuels in Brazil: debates and impacts". *The Journal of Peasant Studies,* v. 37, n. 4, pp. 749–768, 2010. https://doi.org/10.1080/03066150.2010.512457

[6] LANE, J. *Biofuels mandate around the world 2019*. In: Biofuels Digest, 2020. Disponível em: <https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2019/01/01/biofuels-mandates-around-the-world-2019>. Acesso em: 12/04/2020.

[7] OLIVEIRA, F. C. e COELHO, S. T. "Biodiesel in Brazil Should Take Off with the Newly Introduced Domestic Biofuels Policy: RenovaBio". In: Qubeissi, M. A., editor, *Biofuels: challenges and opportunities*, IntechOpen, 2019. https://doi.org/10.5772/intechopen.84267

[8] IRENA. *Renewable Energy Auctions: worldwide database*, Abu Dhabi, 2016. Disponível em: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Policy/Renewable-Energy-Auctions>. Acesso em: 15/08/2021.

[9] IRENA, *Renewable Energy Auctions: Status and Trends Beyond Price*, Abu Dhabi, December 2019. Disponível em: <https://irena.org/publications/2019/Dec/Renewable-energy-auctions-Status-and-trends-beyond-price>. Acesso em: 15/08/2021.

[10] IRENA. *Renewable Energy Auctions: Analysing 2016*, v. 1, Abu Dhabi, 2017. Disponível em: <https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Jun/IRENA_Renewable_Energy_Auctions_2017.pdf>. Acesso em: 18/08/2021.

[11] IRENA. *Renewable Energy Auctions in Developing Countries*, Abu Dhabi, pp. 1–52, 2013. Disponível em: <https://www.globalccsinstitute.com/archive/hub/publications/138168/Renewable-energy-auctions-developing-countries.pdf>. Acesso em: 18/08/2021.

[12] MULVANEY, D.; ROBBINS, P. e EVRARD, A., editors. *Green Energy An A-to-Z Guide*. Thousand Oaks, California, SAGE Publications Inc., 2011. https://dx.doi.org/10.4135/9781412971850.

[13] IEA. *Implementation Agendas: 2018-2019 Update Compare and Contrast Transport Biofuels Policies*. In: IEA Bioenergy, Paris, February 2020. Disponível em: <http://task39.sites.olt.ubc.ca/files/2020/02/IEA-Bioenergy-Task-39-Implementation-Agendas-Final-Draft-Feb-4-2020.pdf>. Acesso em: 22/08/2020.

[14] IEA. *Update on implementation agendas 2009: A review of key biofuel producing countries*. In: IEA Bioenergy Task 39 Report, Paris, April 2014. Disponível em: <http://task39.sites.olt.ubc.ca/files/2013/05/Implementation-Agendas-8-April-2014.pdf>. Acesso em: 22/08/2021.

[15] IEA. *Commercializing Conventional and Advanced Liquid Biofuels from Biomass*. In: Task 39 IEA Bioenergy, Paris, 2014. Disponível em: <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2019/11/IEA-Bioenergy_Task-39-Triennium-2016-2018-2.pdf>. Acesso em: 22/08/2021.

[16] IEA. *Transport Biofuels*. In: IEA Tracking Report, Paris, June2020. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/transport-biofuels>. Acesso em: 16/08/2021.

[17] IEA. *Renewables 2019: market analysis and forecast to 2024*. In: IEA Fuel Report, Paris, October 2019. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/renewables-2019>. Acesso em: 16/08/2021.

[18] IEA. *Renewable energy market update: outlook for 2020 and 2021*. In: IEA Fuel Report, May 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update>. Acesso em: 16/08/2021.

[19] ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. *Energy Policy Act of 2005*, Public Law 109–58, 109th Congress, August 8th 2005. Disponível em: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/STATUTE-119/pdf/STATUTE-119-Pg594.pdf>. Acesso em: 16/08/2021.

[20] ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. *Code of Federal Regulation, Annual Print, Title 10, Energy*, Parts 200–499, January 2017. Disponível em: <https://www.ecfr.gov/current/title-10>. Acesso em: 16/08/2021.

[21] STATTMAN, S. L.; HOSPES, O. e MOL, A. P. J. "Governing biofuels in Brazil: A comparison of ethanol and biodiesel policies". *Energy Policy*, v. 61, pp. 22–30, 2013. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.06.005

[22] TALAMINIL, E.; OLIVEIRA, L.; GOHR, C. F.; SANTOS, L. C. e DEWES, H. "Is biodiesel a more social fuel than ethanol? A comparative analysis from public policies in Brazil". *African Journal of Business Management*, v. 6, n. 33, pp. 9483–9495, 2012. https://doi.org/10.5897/AJBM11.2988

[23] LA ROVERE, E. L.; PEREIRA, A. S. e SIMÕES, A. F. "Biofuels and Sustainable Energy Development in Brazil". *World Development*, v. 39, n. 6, pp. 1026–1036, June 2011. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2010.01.004

[24] CAVALHEIRO, E. A. "The Biofuel Industry Concentration in Brazil Between 2005 and 2012". In: Padula, A. D.; Santos, M. S.; Santos, O. I. B. e Borenstein D., editors, *Liquid Biofuels: Emergence, Development and Prospects*, London, Springer-Verlag, pp. 73–91, 2014. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6482-1

[25] STATTMAN, S. L. e MOL, A. P. J. "Social sustainability of Brazilian biodiesel: The role of agricultural cooperatives". *Geoforum*, v. 54, pp. 282–294, 2014. https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2014.04.001

[26] GARCEZ, C. A. G. e VIANNA, J. N. S. "Brazilian Biodiesel Policy: social and environmental considerations of sustainability". *Energy*, 34 (5), pp. 645-654, 2009. https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.11.005

[27] NOGUEIRA, L. A. H. e CAPAZ, R. S. "Incentives and Barriers for Liquid Biofuels in Brazil". In: Khanna, M. e, Zilberman, D., editors, Handbook of Bioenergy Economics and Policy, New York: v. 40, pp. 65–-88, 2017. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6906-7_4

[28] JUNIOR, D. S. "Impacts of biodiesel on the Brazilian fuel market". *Energy Economics*, v. 36, pp. 666–675, 2013. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.11.008

[29] MARTINS, C. A. e JÚNIOR, P. P. A. "Production of biodiesel: Source strategies and efficiency in the Brazilian energy matrix"., *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, v. 38, n. 2, pp. 277–285, 2016. https://doi.org/10.1080/15567036.2012.716139

[30] RICO, J. A. P. e SAUER, I. L. "A review of Brazilian biodiesel experiences". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 45, pp. 513–529, 2015. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.028

[31] CREMONEZ, P. A.; FEROLDI, M.; NADALETI, W. C.; ROSSI, E.; FEIDEN, A.; CAMARGO, M. P.; CREMONEZ, F. E. e KLAJN, F. F. "Biodiesel production in Brazil: Current scenario and perspectives". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 42, pp. 415–428, 2015. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.004

[32] ARAUJO, V. K. W. S.; HAMACHER, S. e SCAVARDA, L. F. "Economic assessment of biodiesel production from waste frying oils". *Bioresource Technology*, v. 101, n. 12, pp. 4415–4422, 2010. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.101

[33] CÉSAR, A. S.; WERDERITS, D. E.; SARAIVA, G. L. O. e GUARIROBA, R. C. S. "The potential of waste cooking as supply for the Brazilian biodiesel chain". *Renewable and Sustainable Energy Review*, v. 72(C), pp. 246–253, 2017. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.240

[34] CÉSAR, A. S. e BATALHA, M. O. "Brazilian biodiesel: The case of the palm's social projects". *Energy Policy*, v. 56, pp. 165–174, 2013. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.058

[35] SANTOS, M. S.; STAMM, C. e PADULA, A. D. "The impact of biodiesel policy over raw material acquisition: a study about Brazilian Biodiesel National Programme". *International Journal of Global Energy Issues*, v. 37, n. 5–6, pp. 205–219, 2014. https://doi.org/10.1504/IJGEI.2014.067666

[36] BERGMANN, J. C.; TUPINAMBÁ, D. D.; COSTA, O. Y. A.; ALMEIDA, J. R. M.; BARRETO, C. C. e QUIRINO, B. F. "Biodiesel production in Brazil and alternative biomass feedstocks". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 21, pp. 411–420, May 2013. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.058

[37] POUSA, G. P. A. G.; SANTOS, A. L. F. e SUAREZ, P. A. Z. "History and policy of biodiesel in Brazil". *Energy Policy*, v. 35, n. 11, pp. 5393–5398, 2007. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.05.010

[38] PADULA, A. D.; SANTOS, M. S.; FERREIRA, L. e BORENSTEIN, D. "The emergence of the biodiesel industry in Brazil: Current figures and future prospects". *Energy Policy*, v. 44(C), pp. 395–405, 2012. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.003

[39] RATHMANN, R.; SZKLO, A. e SCHAEFFER, R. "Targets and results of the Brazilian Biodiesel Incentive Program – Has it reached the Promised Land?". *Applied Energy*, v. 97, pp. 91–100, September 2012. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.11.021

[40] NOGUEIRA, L. A. H.; CAPAZ, R. S.; SOUZA, S. P. e SEABRA, J. E. A. "Biodiesel program in Brazil: learning curve over ten years (2005-2015)". *Biofpr*, v. 10, n. 6, pp. 728–737, 2016. https://doi.org/10.1002/bbb.1718

[41] OLIVEIRA, F.C. e COELHO, S. T. "Biodiesel in Brazil Should Take Off with the Newly Introduced Domestic Biofuels Policy: RenovaBio". In: Qubeissi, M. A., editor. *Biofuels: challenges and opportunities*, IntechOpen, 2019. https://doi.org/10.5772/intechopen.84267

[42] MME. *Programa Abastece Brasil*. Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/abastece-brasil>. Acesso em: 20/07/2021.

[43] OLIVEIRA, F. C. e COELHO, S. T. "History, evolution, and environmental impact of biodiesel in Brazil: A review". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 75(C), pp. 168–179, 2017. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.060

[44] PRAZO, J. N. e VIEIRA, W. C. "Leilões de Biodiesel Conduzidos pela ANP: uma avaliação preliminar". *Nexus Econômicos*, Vol. IV, n. 6, CME-UFBA, 2010.

[45] DUTRA, R. C. D. e CARPIO, L. G. T. "Biodiesel auctions in Brazil: Symmetry of bids and informational paradigm". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 137(C), 2021. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110418.

[46] BRASIL. *Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005.* Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11097.htm>>. Acesso em: 12/06/2020.

[47] MME. *Biodiesel*. Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/biodiesel>. Acesso em: 12/06/2020.

[48] CORDEIRO, C. S. e RAMOS, L. P. "Biodiesel in South America". In: Knothe, G.; Krahl, J. e Gerpen, J. V., editors. *The Biodiesel Handbook*, 2 ed., Urbana, pp. 331–353, 2010.

[49] BAILIS, R. "Brazil: Biodiesel". In: Solomon, B. e Bailis, R., editors. *Sustainable Development of Biofuels in Latin America and the Caribbean*, New York: Springer, pp. 103–126, 2014. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9275-7_4

[50] MAPA. *Balanço do Selo Biocombustível Social*, 2019-2020. Brasília: 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/biodiesel/arquivos/Balano.pdf>. Acesso em: 12/03/2022.

[51] IBGE. *Censo Agropecuário*. Brasília, 2006. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro_2006.pdf>. Acesso em: 12/03/2021.

[52] IBGE. *Censo Agropecuário, Florestal e Aquícola*. Brasília, 2017. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/sobre-censo-agro-2017.html>. Acesso em: 12/03/2021.

[53] ANATER. *Relatório de Execução do Contrato de Gestão.* Brasília: 2019. Disponível em: <http://www.anater.org/wp-content/uploads/2021/04/RELATORIO-DE-EXECUCAO-DO-CONTRATO-DE-GESTAO-2019.pdf>. Acesso em 20/03/2021.

[54] HALL, J. e MATOS, S. "Incorporating impoverished communities in sustainable supply chains". *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 40, n. 1/2, 2010, pp. 124–147. https://doi.org/10.1108/09600031011020368

[55] FERNANDO C. O.; LOPES, T. S. A.; PARENTE, V.; BERMANN, C. e COELHO, S. T. "The Brazilian social fuel stamp program: Few strikes, many bloopers and stumbles" *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 102, 2019, pp. 121–128. https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.12.011.

[56] MENDES, P. A. S.; BORSCHIVER, S.; BARROS, A. K.; D'ÁVILA, L. A. e ANTUNES, A. M. S. "Aspectos da Sustentabilidade no Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)". *Revista Brasileira de Energia*, v. 17, n. 2, 2º sem., 2011, pp. 7–37. Disponível em: <https://sbpe.org.br/index.php/rbe/article/view/261/242>. Acesso em 10/12/2022.

[57] OLIVEIRA, H. R. e ABREU, Y. V. "Biodiesel, Selo Combustível Social e Agricultura Familiar no Brasil". *Revista Brasileira de Energia*, v. 17, n. 2, 2º sem., 2011, pp. 59–80. Disponível em: <https://sbpe.org.br/index.php/rbe/article/view/263/244>. Acesso em 10/12/2022.

[58] BRASIL. *Lei n° 13.576, de 26 de dezembro de 2017*. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis e dá outras providências. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=13576&ano=2017&ato=474UTUq5EeZpWT2ee>. Acesso em: 20/03/2021.

[59] MOREIRA NETO, D. F. *Curso de Direito Administrativo: parte introdutória, parte geral e parte especial.* 16 ed., Rio de Janeiro, Editora Forense, 2014.

[60] BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 20/03/2021.

[61] ANP. *Homologação dos Resultados dos Leilões de Biodiesel*. Documentos e resultados dos leilões de biodiesel, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/distribuicao-e-revenda/leiloes-biodiesel/documentos-resultados-leiloes-biodiesel>. Acesso em: 17/11/2021.

[62] KUPFER, D. e HASENCLEVER, L. *Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil*. 2. ed., Rio de Janeiro, Campus, 640p., 2002.

[63] CARLTON, D. W. e PERLOFF, J. M. *Modern Industrial Organization*. Nova Iorque, Harper-Collins, 1994.

[64] SIQUEIRA, I. A. A.; COLUSSE, G. A. e ZAPPAROLI, I. D. "Profile analysis of biodiesel producers in Brazil during 2005-2015". *Biofuels*, v. 11, n. 8, pp. 929–935, 2018. https://doi.org/10.1080/17597269.2018.1448632

[65] CONOVER, W. J. *Practical nonparametric statistics*. New York, Wiley Inc., 1980.

[66] MYERSON, R. B. "Optimal Auction Design". *Mathematics of Operations Research*, v. 6, n. 1, pp. 58–73, 1981. https://www.jstor.org/stable/3689266

[67] ROBERTS, J. W. "Unobserved Heterogeneity and Reserve Prices in Auctions". *The RAND Journal of Economics*, v. 44, n. 4, pp. 712–732, 2013. https://doi.org/10.1111/1756-2171.12038

[68] VICKREY, W. "Counter speculation auctions and competitive sealed tenders". *Journal of Finance*, v. 16, n. 1, pp. 8–37, 1961. https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1961.tb02789.x

[69] DONALD, S. G.; PAARSCH, H. J. e ROBERT, J. "An Empirical Model of the Multi-Unit, Sequential, Clock Auction". *Journal of Applied Econometrics*, v. 21, n. 8 pp. 1221–1247, December 2006. https://www.jstor.org/stable/25146496

[70] BRENDSTRUP, B. "Nonparametric Estimation of Sequential English Auctions". *Journal of Econometrics*, v. 141, n. 2, pp. 460–481, December 2007. https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2006.10.004

[71] BRENDSTRUP, B. e PAARSCH, H. J. "Identification and Estimation in Sequential, Asymmetric, English auctions". *Journal of Econometrics,* v. 134, n. 1, pp. 69–94, September 2006. https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2005.06.017

[72] LAMY, L. *Identification and Estimation of Sequential English Auctions*. Working Paper n. 2010-16, Paris School of Economics, February 2011. Disponível em: <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00564887/document>. Acesso em: 20/10/2021.

[73] LAFFONT, J. J.; OSSARD, H. e VUONG, Q. "Econometrics of First-Price Auctions". *Econometrica*, v. 63, n. 4, pp. 953–980, July 1995. https://doi.org/10.2307/2171804

[74] BALAKRISHNAN, N. e RAO, C. "Order Statistics: An Introduction". In: Balakrishnan, N. e Rao, C., eds., *Handbook of Statistics*, v. 16, Elsevier, pp. 3–24, 1998.

[75] GALLANT, A. R. e NYCHKA, D. W. "Semi-Nonparametric Maximum Likelihood Estimation". *Econometrica*, v. 55, n. 2, pp. 363–390, 1987. https://doi.org/10.2307/1913241

[76] KATZMAN, B. "A Two Stage Sequential Auction with Multi-Unit Demands". *Journal of Economic Theory*, v. 86, n. 1, pp. 77–99, May 1999. https://doi.org/10.1006/jeth.1999.2510

[77] McAFEE, R. P. e VINCENT, D. "Updating the Reserve Price in Common-Value Auctions". *American Economic Review*, v. 82, n. 2, pp. 512–518, May 1992. https://www.jstor.org/stable/2117454

[78] ATHEY, S. C. e HAILE, P. A. "Identification of standard auction models". *Econometrica*, v. 70, n. 6, pp. 2107–2140, November 2002. https://www.jstor.org/stable/3081982

[79] ATHEY, S. C. e HAILE, P. A. "Nonparametric Approaches to Auctions". In: J. Heckman e E. Leamer, editors, *Handbook of Econometrics*, v. 6, Part A, Elsevier, pp. 3847–3965, 2007. https://doi.org/10.1016/S1573-4412(07)06060-6

[80] CAMPO, S.; PERRIGNE, I. e VUONG, Q. "Asymmetry in First-Price Auctions with Affiliated Private Values". *Journal of Applied Econometrics*, v. 18, n. 2, pp. 179–207, April 2003. https://www.jstor.org/stable/30035203

[81] HENDRICKS, K.; PINKSE, J. e PORTER, R. H. "Empirical Implications of Equilibrium Bidding in First-Price, Symmetric, Common Value Auctions". *Review of Economic Studies,* v. 70, n. 1, pp. 115–145, January 2003. https://doi.org/10.1111/1467-937X.00239

[82] BAJARI, P. e HORTAÇSU, A. "Are structural estimates of auction models reasonable? Evidence from experimental data". *Journal of Political Economics*, v. 113, n. 4, pp. 703–741, 2005. https://doi.org/10.1086/432138

[83] HENDRICKS, K.; PORTER, R. H. e WILSON, C. A. "Auctions for oil and gas leases with an informed bidder and a random reservation price". *Econometrica*, v. 62, n. 6, pp. 1415–1444, November 1994. https://doi.org/10.2307/2951754

[84] GUERRE, E.; PERRIGNE, I. e VUONG, Q. "Optimal nonparametric estimation of first-price auctions". *Econometrica*, v. 68, n. 3, pp. 525–574, May 2000. https://doi.org/10.1111/1468-0262.00123

[85] PERRIGNE, I. e VUONG, Q. "Structural econometrics of first-price auctions: A survey of methods". *Canadian Journal of Agricultural Economics*, v. 47, n. 3, pp. 203–223, November 1999. https://doi.org/10.1111/j.1744-7976.1999.tb00222.x

[86] LI, Q. e RACINE, J. S. *Nonparametric econometrics: Theory and Practice*. Princeton University Press, 768 p., 2007.

[87] WILSON, R. A. "Bidding Model of Perfect Competition". *Review of Economic Studies*, v. 44, n. 3, pp. 511–518, October 1977. https://doi.org/10.2307/2296904

[88] WILSON, R. "Auctions of Shares". *Quarterly Journal of Economics*, v. 93, n. 4, pp. 675–689, November 1979. https://doi.org/10.2307/1884475

[89] MILGROM, P. R. e WEBER, R. J. "A Theory of Auctions and Competitive Bidding". *Econometrica*, v. 50, n. 5, pp. 1089–-1122, September 1982. https://doi.org/10.2307/1911865

[90] HARSANYI, J. "Games with Incomplete Information Played by Bayesian Players, Parts 1–3". *Management Science,* v. 14, pp. 159–183, 320–334, 486–502, November 1967. https://doi.org/10.1287/mnsc.14.3.159

[91] GOVINDAN, S. e WILSON, R. *Existence of Equilibria in Auctions with Interdependent Values: Two Symmetric Bidders*. Research Papers 2057, Stanford University, Graduate School of Business, 2010a. Disponível em:

<https://www.gsb.stanford.edu/faculty-research/working-papers/existence-equilibria-auctions-interdependent-values-two-symmetic>. Acesso em: 20/06/2021.

[92] GOVINDAN, S. e WILSON, R. *Existence of Equilibria in Private-Value Auctions*. Research Papers 2056, Stanford University, Graduate School of Business, 2010b. Disponível em: <https://www.gsb.stanford.edu/faculty-research/working-papers/existence-equilibria-auctions-private-values>. Acesso em: 20/06/2021.

[93] CASTRO, L. I. *Affiliation, Equilibrium Existence and Revenue Ranking of Auctions*. Discussion Paper 1530, Northwestern University, Center for Mathematical Studies in Economics and Management Science, 2010. Disponível em: <https://ideas.repec.org/p/nwu/cmsems/1530.html>. Acesso em 20/06/2021.

[94] PAARSCH, H. J. "Deciding between the Common and Private Value Paradigms in Empirical Models of Auctions". *Journal of Econometrics*, v. 51, n. 1–2, pp. 191–215, January 1992. https://doi.org/10.1016/0304-4076(92)90035-P

[95] HONG, H. e SHUM, M. "Increasing Competition and the Winner's Curse: Evidence from Procurement". *Review of Economic Studies*, v. 69, n. 4, pp. 871–898, October 2002. https://doi.org/10.1111/1467-937X.00229

[96] BAJARI, P. e HORTAÇSU, A. "The Winner's Curse, Reserve Price, and Endogenous Entry: Empirical Insights from eBay Auctions". *RAND Journal of Economics*, v. 34, n. 2, pp. 329–355, Summer 2003. https://doi.org/10.2307/1593721

[97] HAILE, P.; HONG, H. e SHUM, M. “Nonparametric Tests for Common Values at First-Price Sealed-Bid Auctions”. *Nota di Lavoro 149*, Fondazione Eni Enrico Mattei, December 2004. Disponível em: <https://www.feem.it/m/publications_pages/NDL2004-149.pdf>. Acesso em: 20/12/2020.

[98] LAFFONT, J. J. e VUONG, Q. "Structural Analysis of Auction Data". *American Economic Review*, v. 86, n. 2, pp. 414–420, May 1996. https://www.jstor.org/stable/2118162

[99] PINKSE, J. e TAN, G. "The Affiliation Effect in First-Price Auctions". *Econometrica*, v. 73, n. 1, 263–277, December 2004. https://doi.org/10.1111/j.1468-0262.2005.00571.x

[100] SAREEN, S. "Posterior Odds Comparison of a Symmetric Low-Price, Sealed-Bid Auction within the Common-Value and the Independent-Private-Values Paradigms". *Journal of Applied Econometrics*, v. 14, n. 6, pp. 651–-676, 1999January 2000. https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1255(199911/12)14:6<651::AID-JAE539>3.0.CO;2-M

[101] KRISHNA, V. "Auction Theory". 2 ed. Elsevier Academic Press, second edition, 2010. https://doi.org/10.1016/C2009-0-22474-3

[102] MASKIN, E. “Auctions and Privatization”. In:Siebert, K. H., editor, *Privatization*, pp. 115–136, Kiel, Institut fur Weltwirtschaften der Universitat Kiel, 1992.

[103] DASGUPTA, P. e MASKIN, E. “Efficient Auctions,” *Quarterly Journal of Economics*, v. 115, n. 2, pp. 341–388, May 2000. https://doi.org/10.1162/003355300554755

[104] KRISHNA, V. “Asymmetric English Auctions”. *Journal of Economic Theory*, v. 112, n. 2, pp. 261–288, October 2003. https://doi.org/10.1016/S0022-0531(03)00074-7

[105] CAPEN, E.; CLAPP, R. e CAMPBELL, W. “Competitive Bidding in High-Risk Situations”. *Journal of Petroleum Technology*, v. 23, n. 6, pp. 641–653, June 1971. https://doi.org/10.2118/2993-PA

[106] WARREN, J; HAHN, P. E. e SEAMAN, S. L. "The Winner's Curse and Optimal Auction Bidding Strategies". Graziadio Business Review, Volume v. 2, n.Issue 2, 2009. Disponível em: <https://gbr.pepperdine.edu/2010/08/the-winners-curse-and-optimal-auction-bidding-strategies/>. Acesso em: 15/06/2020.

[107] BAZERMAN, M. H.; SAMUELSON, W. F. "I won the auction but don’t want the prize". *Journal of Conflict Resolution*, v. 27, n. 4, pp. 618–634, December 1983. https://doi.org/10.1177/0022002783027004003

[108] LOHRENZ, J. e DOUGHERTY, E. "Bonus Bidding and Bottom Lines: Federal Offshore Oil and Gas". In: SPE Annual Technical Conference and Exhibition,

Paper Number SPE-12024-MS, San Francisco, California, October 1983. https://doi.org/10.2118/12024-MS

[109] CASSING, J. e DOUGLAS, R.W. "Implications of the auction mechanism in baseball's free agent draft"., *Southern Economic Journal*, v. 47, n. 1, pp. 110–121, July 1980, 110–21. https://doi.org/10.2307/1057065

[110] BLECHKERMAN, B. e CAMERER, C. F. "Is There a Winner's Curse in the Market for Baseball Players?". Social Science Working Paper 966, California Institute of Technology, Pasadena, California, mimeograph, Brooklyn Polytechnic University, Brooklyn, NY, 1998May 1996. Disponível em: <https://authors.library.caltech.edu/80503/1/sswp966.pdf>. Acesso em: 15/06/2020.

[111] DESSAUER, J. P. *Book publishing: What it is, what it does*. New York, Bowker LLC, New York, 1981.

[112] ASHENFELTER, O. e GENESOVE, D. "Testing for price anomalies in real-estate auctions". *American Economic Review*, v. 82, n. 2, pp. 501–505, May 1992. https://www.jstor.org/stable/2117452

[113] VARAYA, N. P. "The 'Winner's Curse' Hypothesis and Corporate Takeovers". *Managerial and Decision Economics*, v. 9, n. 3, pp. 209–219, September 1988. http://www.jstor.org/stable/2487100.

[114] ROLL, R. "The Hubris Hypothesis of Corporate Takeovers". *Journal of Business*, v. 59, n. 2, pp. 197–216, April 1986. https://www.jstor.org/stable/2353017

[115] COX, J. R. e ISAAC, R. M. "In Search of the Winner's Curse", *Economic Inquiry*, v. 22, n. 4, pp. 579–592, October 1984. https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.1984.tb00705.x

[116] KAGEL, J. H.; LEVIN, D.; BATTALIO, R. e MEYER, D. "First-price common value auctions: bidder behavior and the winner's curse". *Economic Inquiry*, v. 27, n. 2, pp. 241–258, April 1989. https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.1989.tb00780.x

[117] KAGEL, J. H. e LEVIN, D. "The winner's curse and public information in common value auctions". *The American Economic Review*, v. 76, n. 5, pp. 894–920, December 1986. https://www.jstor.org/stable/1816459

[118] KAGEL, J. H.; LEVIN, D. e RICHARD, J. "Super-experienced bidders in first-price common-value auctions: rules of thumb, Nash equilibrium bidding, and the winner's curse". *The Review of Economics and Statistics*, v. 83, n. 3, pp. 408–-419, August. 2001. https://doi.org/10.1162/00346530152480063.

[119] CNPE. Resolução n° 5, de 3 de outubro de 2007. Estabelece diretrizes gerais para a realização dos leilões públicos para aquisição de biodiesel, em razão da obrigatoriedade legal prevista na Lei n. 11.097, de 13 de janeiro de 2005, e dá outras providências. Disponível em: < https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/arquivos/2007/resolucao05.pdf >. Acesso em: 12/09/2020.

[120] BAKOS. J. Y. e BRYNJOLFSSON, E. "Why information technology hasn't increased the optimal number of suppliers". *Proceedings of the Twenty-sixth Hawaii International Conference on System Sciences*, v. 4, pp. 799–808, Wailea, HI, USA, 1993. https://doi.org/10.1109/HICSS.1993.284268

[121] BENOÎT, J-P e KRISHNA, V. "Multiple-Object Auctions with Budget Constrained Bidders". *The Review of Economic StudiesRev. Econ. Stud.*, v. 68, n. 1, pp. 155–179, January 2001. https://doi.org/10.1111/1467-937X.00164

[122] MARKOWITZ, H. "Portfolio Selection". *Journal of Finance*, v. 7, n. 1, pp. 77–91, March 1952. https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x

[123] SUE, G. *VaR: Understandying and Applying Value at Risk*. 1 ed. Publisher: Risk Books, 397 p., August 1997.

[124] BACEN. *Cotações e boletins*. Cotações de fechamento do dólar comercial. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/historicocotacoes>. Acesso em: 05/11/2021.

[125] CBOT. *Soybean oil futures - Settlements.* CME Group, 2021. Disponível em: <https://www.cmegroup.com/markets/agriculture/oilseeds/soybean-oil.settlements.html>. Acesso em: 06/12/2021.

[126] MME. *Esclarecimentos quanto à definição, pelo CNPE, do teor de biodiesel no diesel em 2022*. Brasília, 2 de dezembro de 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/esclarecimentos-quanto-a-

definicao-pelo-cnpe-do-teor-de-biodiesel-no-diesel-em-2022>. Acesso em: 06/12/2021.

[127] EPE. *Impactos da pandemia de Covid-19 no mercado brasileiro de combustíveis*. Nota Técnica NT-DPG-SDB-2020-02, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-485/NT-DPG-SDB-2020-02_Impactos_da_COVID-19_no_mercado_brasileiro_de_combustiveis.pdf>. Acesso em: 30/11/2021.

[128] DE GORTER, H. e JUST, D. R. "The economics of a blend mandate for biofuels". *American Journal of Agricultural Economics*, v. 91, n. 3, pp. 738–750, August 2009. http://www.jstor.org/stable/20616232

[129] ALTHOFF, K.; EHMKE, C. e GRAY, A. W. *Economic analysis of alternative Indiana state legislation on biodiesel*. Technical Report, Center for Food and Agricultural Business, Department of Agricultural Economics, Purdue University, 2003. Disponível em: <http://aoatools.aua.gr/pilotec/files/bibliography/biodiesel_indiana_gray-3161257216/biodiesel_indiana_gray.pdf>. Acesso em: 06/12/2021.

[130] SILVA JUNIOR, D. "Impacts of biodiesel on the Brazilian fuel market". *Energy Economics*, v. 36(C), pp. 666–675, March 2013. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.11.008

[131] ANP. *Comercialização de CBIOs*. Painel Dinâmico do RenovaBio, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiOWI1YmYwYzQtMjgwZS00ZWVlLTg3ZGYtMzA4ZWY3ODA3MDFkIiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTI0YTYtNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzkxMyJ9>. Acesso em: 12/12/2021.

[132] MAPA. *Selo Biocombustível Social: safra 2019/2020.* Secretaria da Agricultura Familiar e Cooperativismo, Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/biodiesel/arquivos/Boletimtecnico_SeloBiocombustivelSocial.pdf>. Acesso em: 12/11/2021.

[133] EPE. *Impacto na saúde humana pelo uso de biocombustíveis na Região Metropolitana de São Paulo.* Nota Técnica EPE/DPG/SDB/2021/01, Diretoria de

Estudos do Petróleo, Gás Natual e Biocombustíveis, Rio de Janeiro, 24 de fevereiro de 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-570/NT-EPE-DPG-SDB-2020-01_NT_Impacto_saude_uso_bios.pdf>. Acesso em: 20/11/2021.

[134] CETESB. *Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2018*. In: Série Relatórios CETESB, São Paulo, 2018. Disponível em <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2019/07/Cetesb_QualidadeAr_2018R.pdf>. Acesso em: 20/11/2021.

[135] IBGE. *Regiões Metropolitanas, Aglomerações Urbanas e Regiões Integradas de Desenvolvimento*. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/divisao-regional/18354-regioes-metropolitanas-aglomeracoes-urbanas-e-regioes-integradas-de-desenvolvimento.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 20/11/2021.

[136] DENATRAN. *Estatísticas de Frota de Veículos.* Sistema Nacional de Registros de Veículos – Renavam. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/estatisticas-frota-de-veiculos-denatran>. Acesso em: 15/11/2021.

[137] ANP. *Vendas, pelas distribuidoras, dos derivados de combustíveis de petróleo*. Dados Estatísticos, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos>. Acesso em: 05/11/2021.

[138] ANP. *Preços de Revenda e de Distribuição de Combustíveis.* Levantamento de Preços dos Combustíveis (LPC), Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/precos-e-defesa-da-concorrencia/precos/precos-revenda-e-de-distribuicao-combustiveis/levantamento-de-precos-de-combustiveis>. Acesso em: 11/11/2021.

[139] ANP. *Importações & exportações (metros cúbicos)*. Dados Estatísticos, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos/de/ie/importacoes-exportacoes-m3.xlsx>. Acesso em: 05/11/2021.

[140] MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. *Relatório Anual de Informações Sociais (RAIS).* Programa de Disseminação das Estatísticas do Trabalho (PDET), Tabela 6, Remuneração média de dezembro em reais por grupamento de atividades econômicas entre 2013–2020. Disponível em <http://pdet.mte.gov.br/rais>. Acesso em: 21/11/2021.

[141] ANP. *Autorizações de produtores de biodiesel 2021*. Relatório Dinâmico de Autorizações de Produtores de Biodiesel, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/autorizacao-para-producao-de-biocombustiveis/autorizacao-para-producao-de-biocombustiveis>. Acesso em: 20/11/2021.

[142] ANP. *Editais dos Leilões Públicos de Biodiesel, 2013 a 2021*. Documentos e resultados dos leilões de biodiesel, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/distribuicao-e-revenda/leiloes-biodiesel/documentos-resultados-leiloes-biodiesel>. Acesso em: 17/11/2021.

[143] PETRONECT. *Relatório de Acompanhamento de Propostas das Usinas*. Sistema dos leilões de biodiesel, Rio de Janeiro, 2021.

[144] ANP. *Preços de produtores e importadores de derivados de petróleo*. . Levantamento de Preços dos Combustíveis (LPC), Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/precos-e-defesa-da-concorrencia/precos/precos-de-produtores-e-importadores-de-derivados-de-petroleo>. Acesso em: 12/11/2021.

[145] IBGE. *Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA)*. Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor, Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplo.html?=&t=series-historicas>. Acesso em: 05/11/2021.

[146] GUJARATI, D. N. e PORTER, D. C. *Econometria básica*. 5 ed. New York, Mc Graw Hill, 2011.

[147] MME. *MME apresenta resultados dos testes com misturas de B10*. Brasília, 30 de abril de 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-apresenta-resultados-dos-testes-com-misturas-de-b10>. Acesso em: 12/11/2021.

[148] MME. *Relatório de consolidação dos testes e ensaios para validação da utilização de biodiesel B15 em motores e veículos*. Grupo de Trabalho para Testes com Biodiesel, Brasília, 2019. Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/documents/20182/6a5a7ec6-c930-9d41-c737-04d52814546c>. Acesso em: 12/11/2021.

[149] STOCK, J. H.; WRIGHT, J. H. e YOGO, M. "A survey of weak instruments and weak identification in generalized method of moments". *Journal of Business and Economic Statistics*, v. 4, n. 20, pp. 518–529, January 2002. https://doi.org/10.1198/073500102288618658

[150] HAUSMAN, J. A. "Specification Tests in Econometrics". *Econometrica*, v. 46, n. 6, pp. 1251–1271, November 1978. https://doi.org/10.2307/1913827

[151] WOOLDRIDGE, J. M. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Cambridge MA, MIT University Press, 2002.

[152] DIXIT, A. K. e STIGLITZ, J. E. "Monopolistic competition and optimum product diversity". *The American Economic Review,* v. 67, n. 3, pp. 297–308, June 1977. https://www.jstor.org/stable/1831401

[153] KRUGMAN, P. R. "Increasing returns, monopolistic competition, and international trade". *Journal of International Economics*, v. 9, n. 4, pp. 469–479, November 1979. https://doi.org/10.1016/0022-1996(79)90017-5

[154] TIROLE, J. *The Theory of Industrial Organization*. Cambridge MA, MIT University Press, 1988.

[155] SUTTON, J. *Sunk Costs and Market Structure*. Cambridge MA, MIT University Press, 1991.

[156] RYAN, S. P. "The costs of environmental regulation in a concentrated industry". *Econometrica*, v. 80, n. 3, pp. 1019–1061, May 2012. https://www.jstor.org/stable/41493843

[157] NEVO, A. "Measuring market power in the ready-to-eat cereal industry". *Econometrica*, v. 69, n. 2, pp. 306–342, 2001. https://www.jstor.org/stable/2692234

[158] JIA, P. "Estimating the effects of global patent protection in pharmaceuticals: a case study of quinolones in India". *The American Economic Review,* v. 96, n. 5, pp. 1477–1514, December 2006. https://doi.org/10.1257/aer.96.5.1477

[159] MAS-COLELL, A; WHINSTON, M. D. e GREEN, J. R. *Microeconomic Theory*. Oxford, Oxford University Press, 1995.

[160] LI, T. e ZHENG, X. "Entry and competition effects in first-price auctions: theory and evidence from procurement auctions". *The Review of Economic Studies*, v.. 76, n. 4, pp. 1397–1429, January 2009. https://doi.org/10.1111/j.1467-937X.2009.00558.x

[161] ANP. *Estrutura de formação de preços dos combustíveis – óleo diesel*. Preços e Defesa da Concorrência, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/precos-e-defesa-da-concorrencia/precos/composicao-e-estruturas-de-formacao-dos-precos>. Acesso em: 12/12/2021.

[162] SILVA, A. S.; VASCONCELOS, C. R. F.; VASCONCELOS, S. P. e MATTOS, R. *Transmissão Assimétrica de Preços: O Caso do Mercado de Gasolina a Varejo nos Municípios do Brasil*. Texto para Discussão 008/2011, Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada FE/UFJF, Juiz de Fora, 2011. Disponível em: <https://www.ufjf.br/seminarios_ppge/files/2013/07/TD-008-2011-Andre_etal.pdf>. Acesso em: 12/12/2021.

[163] MEYER, J. e VON CRAMON-TAUBADEL, S. "Asymmetric price transmission: a survey". *Journal of Agricultural Economics*, v. 55, n. 3, pp. 581–611, September 2005. https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2004.tb00116.x

[164] RODRIGUES, N. e LOSEKANN, L. "Assimetria na transmissão de preço ao longo da cadeia de comercialização da gasolina no Brasil". *Revista Brasileira de Energia*, v. 24, n. 4, pp. 31–43, Novembro 2018. Disponível em: <https://sbpe.org.br/index.php/rbe/issue/view/52>. Acesso em: 12/12/2021.

[165] TAPPATA, M. "Rockets and Feathers: Understanding Asymmetric Pricing". *The RAND Journal of Economics*, v. 40, n. 4, pp. 673–687, Winter 2009. http://www.jstor.org/stable/25593733

[166] PELTZMAN, S. "Prices Rise Faster than They Fall". *Journal of Political Economy*, v. 108, n. 3, pp. 466–502, 2000. https://doi.org/10.1086/262126

[167] DUFFY-DENNO, K. T. "Retail price asymmetries in local gasoline markets". *Energy economics*, 18 (1-2), 1996, 81-92. https://doi.org/10.1016/0140-9883(95)00051-8.

[168] BORENSTAEIN, S.; CAMERON, C. e GILBERT. R. "Do Gasoline Prices Respond Asymmetrically to Crude Oil Price Changes?". *The Quarterly Journal of Economics*, v. 112, n. 1, pp. 305–339, February 1997. https://doi.org/10.1162/003355397555118

[169] BACON, R. W. "Rockets and feathers: the asymmetric speed of adjustment of UK retail gasoline prices to cost changes". *Energy Economics*, v. 13, n. 3, pp. 211–218, July 1991. https://doi.org/10.1016/0140-9883(91)90022-R

[170] ANP. *Assimetria na Transmissão de Preços na cadeia de distribuição de combustíveis líquidos (gasolina e diesel) e GLP (P-13), de jun-19 a maio-20, em âmbito nacional.* Nota Técnica n. 22/2020/SDR/ANP-RJ, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/notas-e-estudos-tecnicos/notas-tecnicas/arquivos/2020/nota-tecnica-22-2020.pdf>. Acesso em: 13/12/2021.

[171] ANP. *Competição e assimetria na transmissão de preços na cadeia de distribuição de combustíveis.* Nota Técnica n. 2/2019/AssessoriaDG, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/notas-e-estudos-tecnicos/notas-tecnicas/arquivos/2019/nota-tecnica-002-2019.pdf>. Acesso em: 13/12/2021.

[172] ANP. *Assimetria na Transmissão de Preços na cadeia de distribuição de combustíveis líquidos.* Nota Técnica n. 6/2019/SDR, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/notas-e-estudos-tecnicos/notas-tecnicas/arquivos/2019/nota-tecnica-006-2019-sdr.pdf>. Acesso em: 13/12/2021.

[173] ANP. *Relatório do Mercado de Derivados de Petróleo – óleo diesel S10 e S500, julho de 2021*. Composição dos preços dos combustíveis (Brasil e regiões), Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/precos-e-defesa-da-concorrencia/precos/composicao-e-estruturas-de-formacao-dos-precos>. Acesso em: 13/12/2021.

[174] CARDOSO, L. C. B. e JESUS, C. S. “Elasticidades da Demanda por Diesel no Brasil”. *Reflexões Econômicas*, v. 5, n. 2, pp. 88–107, Julho-Dezembro 2020. https://doi.org/ 10.36113/rec.v5i2.3019

[175] VARIAN, H. R. *Microeconomic analysis*. 3 ed. New York, WW Norton & Company, 1992.

[176] MME. *Nota Explicativa sobre a Proposta de Criação da Política Nacional de Biocombustíveis*. Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Brasília, 2021. Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/documents/36224/460049/RenovaBio+-+Nota+Explicativa.pdf/08c6adbe-afea-5456-514e-e2bc9b6a30d0?version=1.0>. Acesso em: 10/12/2021.

[177] CNPE. *Resolução n. 17, de 5 de outubro de 2021.* Define as metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores de efeito estufa para a comercialização de combustíveis, Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/resolucoes-2021/RES17CNPE.PDF>. Acesso em: 10/12/2021.

[178] ANP. *Eficiência Energética*. Painel Dinâmico do Renovabio – Certificação de Combustíveis, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiOWI1YmYwYzQtMjgwZS00ZWVlLTg3ZGYtMzA4ZWY3ODA3MDFkIiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTI0YTYtNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzkxMyJ9>. Acesso em: 19/04/2022.

[179] ANP. *Resolução n. 758, de 27 de novembro de 2018.* Dispõe sobre as regras de comercialização de biodiesel para atendimento da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado com o consumidor final, estabelecido na Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, Brasília, 2018. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-758-2018-regulamenta-a-certificacao-da-producao-ou-importacao-eficiente-de-biocombustiveis-de-que-trata-o-art-18-da-lei-no-13-576-de-26-de-dezembro-de-2017-e-o-credenciamento-de-firmas-inspetoras?origin=instituicao&q=Resolu%C3%A7%C3%A3o%20ANP%20n%C2%BA%20758/2018>. Acesso em: 19/04/2022.

[180] ANP. *Volume Elegível*. Painel Dinâmico do Renovabio – Certificação de Combustíveis, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://app.p, owerbi.com/view?r=eyJrIjoiMzIzYzE5OWItZWMyOC00ZDMzLWI5MzctM2U1NGNjNzYxNTAwIiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTI0YTYtNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzkxMyJ9>. Acesso em: 19/04/2022.

[181] SALDIVA, P. H. e ANDRÉ, P. A. *Cenários de mudança do perfil de consumo etanol/gasolina e impacto epidemiológico estimado em saúde*. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2014.

[182] OMS. *Health impact assessment of air pollution: introductory manual of AirQ+*. Report WHO/EURO:2020-1557-41308-56210, Regional Office for Europe, 2020. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/337681?locale-attribute=pt&>. Acesso em: 12/11/2021.

[183] IBGE. *Matriz de Insumo-Produto*. Estatísticas econômicas e contas nacionais, Brasília, 2015. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9085-matriz-de-insumo-produto.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 10/01/2022.

[184] GO ASSOCIADOS. *Parecer econômico sobre os impactos da redução da mistura mínima obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercial*. Parecer Técnico, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://epbr.com.br/wp-content/uploads/2021/04/Parecer-Economico-Protecao-para-o-B13.pdf>. Acesso em: 12/11/2021.

[185] FILHO, P. G. C.; BUAINAIN, A. M. e CUNHA, M. P. "Avaliação dos impactos socioeconômicos da cadeia produtiva do biodiesel na agricultura familiar brasileira". *Estudos Econômicos.*, vol. 51, n. 3, pp. 493–527, Jul–Sep 2021. https://doi.org/10.1590/0101-41615133pam

8. Anexos

8.1. Simulações do equilíbrio parcial de mercado para os cenários de teor de biodiesel entre 0% e 20%

Simulação do Equilíbrio Parcial de Mercado para Cenário de Teor de Biodiesel de 0%

δ = 0%

FUNÇÃO DO PREÇO DE REVENDA DO ÓLEO DIESEL B

$$PR_{it} = \delta \times PB_t + (1-\delta) \times PF_{it} + ICMS_t + \mu_{it}^{D} + \mu_{it}^{R}$$

AC	3,285	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,917	+	0,402	+	0,466	x	0,500
AL	2,730	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,894	+	0,402	+	0,184	x	0,250
AP	2,728	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,917	+	0,402	+	0,200	x	0,209
AM	2,814	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,917	+	0,402	+	0,225	x	0,270
BA	2,664	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,894	+	0,402	+	0,119	x	0,249
CE	2,788	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,894	+	0,402	+	0,199	x	0,294
DF	2,800	=	0%	x	0,000	+	100%	x	2,023	+	0,402	+	0,144	x	0,231
ES	2,784	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,986	+	0,402	+	0,133	x	0,263
GO	2,737	=	0%	x	0,000	+	100%	x	2,023	+	0,402	+	0,077	x	0,235
MA	2,660	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,894	+	0,402	+	0,129	x	0,236
MT	2,798	=	0%	x	0,000	+	100%	x	2,023	+	0,402	+	0,134	x	0,239
MS	2,825	=	0%	x	0,000	+	100%	x	2,023	+	0,402	+	0,111	x	0,289
MG	2,838	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,986	+	0,402	+	0,131	x	0,319
PA	2,895	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,917	+	0,402	+	0,240	x	0,336
PB	2,635	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,894	+	0,402	+	0,121	x	0,218
PR	2,763	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,946	+	0,402	+	0,150	x	0,264
PE	2,702	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,894	+	0,402	+	0,153	x	0,253
PI	2,626	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,894	+	0,402	+	0,102	x	0,228
RJ	2,797	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,986	+	0,402	+	0,104	x	0,305
RN	2,699	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,894	+	0,402	+	0,144	x	0,259
RS	2,870	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,946	+	0,402	+	0,224	x	0,298
RO	2,747	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,917	+	0,402	+	0,129	x	0,299
RR	2,731	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,917	+	0,402	+	0,111	x	0,302
SC	2,730	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,946	+	0,402	+	0,088	x	0,294
SP	2,759	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,986	+	0,402	+	0,149	x	0,223
SE	2,644	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,894	+	0,402	+	0,086	x	0,262
TO	2,794	=	0%	x	0,000	+	100%	x	1,917	+	0,402	+	0,176	x	0,300

CURVA DE DEMANDA DE ÓLEO DIESEL B

$$Y_{it} = -18{,}83 \times PR_{it} + 1{,}45 \times Frota_{it}$$

9.912	=	-18,83	x	3,285	+	1,45	x	6.859
38.351	=	-18,83	x	2,730	+	1,45	x	26.411
35.410	=	-18,83	x	2,728	+	1,45	x	24.389
6.142	=	-18,83	x	2,814	+	1,45	x	4.260
207.044	=	-18,83	x	2,664	+	1,45	x	142.427
108.721	=	-18,83	x	2,788	+	1,45	x	74.809
45.403	=	-18,83	x	2,800	+	1,45	x	31.262
113.472	=	-18,83	x	2,784	+	1,45	x	78.075
172.722	=	-18,83	x	2,737	+	1,45	x	118.824
60.459	=	-18,83	x	2,660	+	1,45	x	41.614
526.949	=	-18,83	x	2,798	+	1,45	x	362.442
84.902	=	-18,83	x	2,825	+	1,45	x	58.428
129.043	=	-18,83	x	2,838	+	1,45	x	88.785
95.923	=	-18,83	x	2,895	+	1,45	x	66.008
42.719	=	-18,83	x	2,635	+	1,45	x	29.414
420.794	=	-18,83	x	2,763	+	1,45	x	289.434
137.171	=	-18,83	x	2,702	+	1,45	x	94.373
45.242	=	-18,83	x	2,626	+	1,45	x	31.149
228.124	=	-18,83	x	2,797	+	1,45	x	156.927
51.259	=	-18,83	x	2,699	+	1,45	x	35.288
43.917	=	-18,83	x	2,870	+	1,45	x	30.241
8.048	=	-18,83	x	2,747	+	1,45	x	5.571
348.581	=	-18,83	x	2,731	+	1,45	x	239.770
238.809	=	-18,83	x	2,730	+	1,45	x	164.274
33.740	=	-18,83	x	2,759	+	1,45	x	23.240
1.095.383	=	-18,83	x	2,644	+	1,45	x	753.376
34.793	=	-18,83	x	2,794	+	1,45	x	23.965

EQUILÍBRIO PARCIAL - MERCADO DE BIODIESEL

$$Y_t^{B100} = \delta \times Y_t$$

Y_t^{B100} = **0,000** = **0%** x **4.363.033**

PB_t = **0,000**

Curva de Oferta do Biodiesel

Simulação do Equilíbrio Parcial de Mercado para Cenário de Teor de Biodiesel de 6%

δ = 6%

FUNÇÃO DO PREÇO DE REVENDA DO ÓLEO DIESEL B

$$PR_{it} = \delta \times PB_t + (1-\delta) \times PF_{it} + ICMS_t + \mu_{it}^{D} + \mu_{it}^{R}$$

AC	3,365	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,917	+	0,402	+	0,466	x	0,500
AL	2,811	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,894	+	0,402	+	0,184	x	0,250
AP	2,808	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,917	+	0,402	+	0,200	x	0,209
AM	2,894	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,917	+	0,402	+	0,225	x	0,270
BA	2,746	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,894	+	0,402	+	0,119	x	0,249
CE	2,870	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,894	+	0,402	+	0,199	x	0,294
DF	2,874	=	6%	x	3,253	+	94%	x	2,023	+	0,402	+	0,144	x	0,231
ES	2,860	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,986	+	0,402	+	0,133	x	0,263
GO	2,811	=	6%	x	3,253	+	94%	x	2,023	+	0,402	+	0,077	x	0,235
MA	2,742	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,894	+	0,402	+	0,129	x	0,236
MT	2,872	=	6%	x	3,253	+	94%	x	2,023	+	0,402	+	0,134	x	0,239
MS	2,899	=	6%	x	3,253	+	94%	x	2,023	+	0,402	+	0,111	x	0,289
MG	2,914	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,986	+	0,402	+	0,131	x	0,319
PA	2,975	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,917	+	0,402	+	0,240	x	0,336
PB	2,717	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,894	+	0,402	+	0,121	x	0,218
PR	2,841	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,946	+	0,402	+	0,150	x	0,264
PE	2,784	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,894	+	0,402	+	0,153	x	0,253
PI	2,708	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,894	+	0,402	+	0,102	x	0,228
RJ	2,873	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,986	+	0,402	+	0,104	x	0,305
RN	2,780	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,894	+	0,402	+	0,144	x	0,259
RS	2,948	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,946	+	0,402	+	0,224	x	0,298
RO	2,827	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,917	+	0,402	+	0,129	x	0,299
RR	2,812	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,917	+	0,402	+	0,111	x	0,302
SC	2,808	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,946	+	0,402	+	0,088	x	0,294
SP	2,835	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,986	+	0,402	+	0,149	x	0,223
SE	2,725	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,894	+	0,402	+	0,086	x	0,262
TO	2,874	=	6%	x	3,253	+	94%	x	1,917	+	0,402	+	0,176	x	0,300

CURVA DE DEMANDA DE ÓLEO DIESEL B

$$Y_{it} = -18{,}83 \times PR_{it} + 1{,}45 \times Frota_{it}$$

9.910	=	-18,83	x	3,365	+	1,45	x	6.859
38.349	=	-18,83	x	2,811	+	1,45	x	26.411
35.409	=	-18,83	x	2,808	+	1,45	x	24.389
6.140	=	-18,83	x	2,894	+	1,45	x	4.260
207.042	=	-18,83	x	2,746	+	1,45	x	142.427
108.720	=	-18,83	x	2,870	+	1,45	x	74.809
45.402	=	-18,83	x	2,874	+	1,45	x	31.262
113.470	=	-18,83	x	2,860	+	1,45	x	78.075
172.721	=	-18,83	x	2,811	+	1,45	x	118.824
60.457	=	-18,83	x	2,742	+	1,45	x	41.614
526.948	=	-18,83	x	2,872	+	1,45	x	362.442
84.901	=	-18,83	x	2,899	+	1,45	x	58.428
129.042	=	-18,83	x	2,914	+	1,45	x	88.785
95.922	=	-18,83	x	2,975	+	1,45	x	66.008
42.717	=	-18,83	x	2,717	+	1,45	x	29.414
420.792	=	-18,83	x	2,841	+	1,45	x	289.434
137.170	=	-18,83	x	2,784	+	1,45	x	94.373
45.241	=	-18,83	x	2,708	+	1,45	x	31.149
228.123	=	-18,83	x	2,873	+	1,45	x	156.927
51.257	=	-18,83	x	2,780	+	1,45	x	35.288
43.916	=	-18,83	x	2,948	+	1,45	x	30.241
8.047	=	-18,83	x	2,827	+	1,45	x	5.571
348.580	=	-18,83	x	2,812	+	1,45	x	239.770
238.807	=	-18,83	x	2,808	+	1,45	x	164.274
33.738	=	-18,83	x	2,835	+	1,45	x	23.240
1.095.381	=	-18,83	x	2,725	+	1,45	x	753.376
34.791	=	-18,83	x	2,874	+	1,45	x	23.965

EQUILÍBRIO PARCIAL - MERCADO DE BIODIESEL

$$Y_t^{B100} = \delta \times Y_t$$

Y_t^{B100} = **261.780** = **6%** x **4.362.993**

PB_t = **3,253**

Curva de Oferta do Biodiesel

Simulação do Equilíbrio Parcial de Mercado para Cenário de Teor de Biodiesel de 7%

δ = 7%

FUNÇÃO DO PREÇO DE REVENDA DO ÓLEO DIESEL B

$$PR_{it} = \delta \times PB_t + (1-\delta) \times PF_{it} + ICMS_t + \mu_{it}^{D} + \mu_{it}^{R}$$

AC	3,380	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,917	+	0,402	+	0,466	x	0,500
AL	2,826	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,894	+	0,402	+	0,184	x	0,250
AP	2,823	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,917	+	0,402	+	0,200	x	0,209
AM	2,908	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,917	+	0,402	+	0,225	x	0,270
BA	2,760	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,894	+	0,402	+	0,119	x	0,249
CE	2,885	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,894	+	0,402	+	0,199	x	0,294
DF	2,887	=	7%	x	3,271	+	93%	x	2,023	+	0,402	+	0,144	x	0,231
ES	2,873	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,986	+	0,402	+	0,133	x	0,263
GO	2,825	=	7%	x	3,271	+	93%	x	2,023	+	0,402	+	0,077	x	0,235
MA	2,756	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,894	+	0,402	+	0,129	x	0,236
MT	2,885	=	7%	x	3,271	+	93%	x	2,023	+	0,402	+	0,134	x	0,239
MS	2,912	=	7%	x	3,271	+	93%	x	2,023	+	0,402	+	0,111	x	0,289
MG	2,928	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,986	+	0,402	+	0,131	x	0,319
PA	2,989	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,917	+	0,402	+	0,240	x	0,336
PB	2,732	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,894	+	0,402	+	0,121	x	0,218
PR	2,855	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,946	+	0,402	+	0,150	x	0,264
PE	2,799	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,894	+	0,402	+	0,153	x	0,253
PI	2,723	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,894	+	0,402	+	0,102	x	0,228
RJ	2,887	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,986	+	0,402	+	0,104	x	0,305
RN	2,795	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,894	+	0,402	+	0,144	x	0,259
RS	2,963	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,946	+	0,402	+	0,224	x	0,298
RO	2,842	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,917	+	0,402	+	0,129	x	0,299
RR	2,826	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,917	+	0,402	+	0,111	x	0,302
SC	2,823	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,946	+	0,402	+	0,088	x	0,294
SP	2,849	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,986	+	0,402	+	0,149	x	0,223
SE	2,740	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,894	+	0,402	+	0,086	x	0,262
TO	2,889	=	7%	x	3,271	+	93%	x	1,917	+	0,402	+	0,176	x	0,300

CURVA DE DEMANDA DE ÓLEO DIESEL B

$$Y_{it} = -18{,}83 \times PR_{it} + 1{,}45 \times Frota_{it}$$

9.910	=	-18,83	x	3,380	+	1,45	x	6.859
38.349	=	-18,83	x	2,826	+	1,45	x	26.411
35.409	=	-18,83	x	2,823	+	1,45	x	24.389
6.140	=	-18,83	x	2,908	+	1,45	x	4.260
207.042	=	-18,83	x	2,760	+	1,45	x	142.427
108.720	=	-18,83	x	2,885	+	1,45	x	74.809
45.402	=	-18,83	x	2,887	+	1,45	x	31.262
113.470	=	-18,83	x	2,873	+	1,45	x	78.075
172.721	=	-18,83	x	2,825	+	1,45	x	118.824
60.457	=	-18,83	x	2,756	+	1,45	x	41.614
526.948	=	-18,83	x	2,885	+	1,45	x	362.442
84.901	=	-18,83	x	2,912	+	1,45	x	58.428
129.041	=	-18,83	x	2,928	+	1,45	x	88.785
95.921	=	-18,83	x	2,989	+	1,45	x	66.008
42.717	=	-18,83	x	2,732	+	1,45	x	29.414
420.792	=	-18,83	x	2,855	+	1,45	x	289.434
137.169	=	-18,83	x	2,799	+	1,45	x	94.373
45.241	=	-18,83	x	2,723	+	1,45	x	31.149
228.123	=	-18,83	x	2,887	+	1,45	x	156.927
51.257	=	-18,83	x	2,795	+	1,45	x	35.288
43.915	=	-18,83	x	2,963	+	1,45	x	30.241
8.046	=	-18,83	x	2,842	+	1,45	x	5.571
348.579	=	-18,83	x	2,826	+	1,45	x	239.770
238.807	=	-18,83	x	2,823	+	1,45	x	164.274
33.738	=	-18,83	x	2,849	+	1,45	x	23.240
1.095.381	=	-18,83	x	2,740	+	1,45	x	753.376
34.791	=	-18,83	x	2,889	+	1,45	x	23.965

EQUILÍBRIO PARCIAL - MERCADO DE BIODIESEL

$$Y_t^{B100} = \delta \times Y_t$$

$$Y_t^{B100} = 305.409 = 7\% \times 4.362.986$$

$$PB_t = 3{,}271$$

Curva de Oferta do Biodiesel

Simulação do Equilíbrio Parcial de Mercado para Cenário de Teor de Biodiesel de 8%

δ = 8%

FUNÇÃO DO PREÇO DE REVENDA DO ÓLEO DIESEL B

$$PR_{it} = \delta \times PB_t + (1-\delta) \times PF_{it} + ICMS_t + \mu^D_{it} + \mu^R_{it}$$

AC	3,397	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,917	+	0,402	+	0,466	x	0,500
AL	2,844	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,894	+	0,402	+	0,184	x	0,250
AP	2,841	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,917	+	0,402	+	0,200	x	0,209
AM	2,926	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,917	+	0,402	+	0,225	x	0,270
BA	2,778	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,894	+	0,402	+	0,119	x	0,249
CE	2,902	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,894	+	0,402	+	0,199	x	0,294
DF	2,904	=	8%	x	3,321	+	92%	x	2,023	+	0,402	+	0,144	x	0,231
ES	2,890	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,986	+	0,402	+	0,133	x	0,263
GO	2,841	=	8%	x	3,321	+	92%	x	2,023	+	0,402	+	0,077	x	0,235
MA	2,774	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,894	+	0,402	+	0,129	x	0,236
MT	2,902	=	8%	x	3,321	+	92%	x	2,023	+	0,402	+	0,134	x	0,239
MS	2,929	=	8%	x	3,321	+	92%	x	2,023	+	0,402	+	0,111	x	0,289
MG	2,945	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,986	+	0,402	+	0,131	x	0,319
PA	3,007	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,917	+	0,402	+	0,240	x	0,336
PB	2,749	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,894	+	0,402	+	0,121	x	0,218
PR	2,873	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,946	+	0,402	+	0,150	x	0,264
PE	2,816	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,894	+	0,402	+	0,153	x	0,253
PI	2,740	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,894	+	0,402	+	0,102	x	0,228
RJ	2,904	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,986	+	0,402	+	0,104	x	0,305
RN	2,813	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,894	+	0,402	+	0,144	x	0,259
RS	2,980	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,946	+	0,402	+	0,224	x	0,298
RO	2,859	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,917	+	0,402	+	0,129	x	0,299
RR	2,844	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,917	+	0,402	+	0,111	x	0,302
SC	2,840	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,946	+	0,402	+	0,088	x	0,294
SP	2,866	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,986	+	0,402	+	0,149	x	0,223
SE	2,758	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,894	+	0,402	+	0,086	x	0,262
TO	2,906	=	8%	x	3,321	+	92%	x	1,917	+	0,402	+	0,176	x	0,300

CURVA DE DEMANDA DE ÓLEO DIESEL B

$$Y_{it} = -18{,}83 \times PR_{it} + 1{,}45 \times Frota_{it}$$

9.909	=	-18,83	x	3,397	+	1,45	x	6.859
38.349	=	-18,83	x	2,844	+	1,45	x	26.411
35.408	=	-18,83	x	2,841	+	1,45	x	24.389
6.140	=	-18,83	x	2,926	+	1,45	x	4.260
207.042	=	-18,83	x	2,778	+	1,45	x	142.427
108.719	=	-18,83	x	2,902	+	1,45	x	74.809
45.401	=	-18,83	x	2,904	+	1,45	x	31.262
113.470	=	-18,83	x	2,890	+	1,45	x	78.075
172.721	=	-18,83	x	2,841	+	1,45	x	118.824
60.456	=	-18,83	x	2,774	+	1,45	x	41.614
526.947	=	-18,83	x	2,902	+	1,45	x	362.442
84.900	=	-18,83	x	2,929	+	1,45	x	58.428
129.041	=	-18,83	x	2,945	+	1,45	x	88.785
95.921	=	-18,83	x	3,007	+	1,45	x	66.008
42.716	=	-18,83	x	2,749	+	1,45	x	29.414
420.792	=	-18,83	x	2,873	+	1,45	x	289.434
137.169	=	-18,83	x	2,816	+	1,45	x	94.373
45.240	=	-18,83	x	2,740	+	1,45	x	31.149
228.122	=	-18,83	x	2,904	+	1,45	x	156.927
51.257	=	-18,83	x	2,813	+	1,45	x	35.288
43.915	=	-18,83	x	2,980	+	1,45	x	30.241
8.046	=	-18,83	x	2,859	+	1,45	x	5.571
348.579	=	-18,83	x	2,844	+	1,45	x	239.770
238.806	=	-18,83	x	2,840	+	1,45	x	164.274
33.738	=	-18,83	x	2,866	+	1,45	x	23.240
1.095.381	=	-18,83	x	2,758	+	1,45	x	753.376
34.790	=	-18,83	x	2,906	+	1,45	x	23.965

EQUILÍBRIO PARCIAL - MERCADO DE BIODIESEL

$$Y_t^{B100} = \delta \times Y_t$$

$$Y_t^{B100} = 349.038 = 8\% \times 4.362.977$$

$$PB_t = 3{,}321$$

Curva de Oferta do Biodiesel

Simulação do Equilíbrio Parcial de Mercado para Cenário de Teor de Biodiesel de 9%

δ = 9%

FUNÇÃO DO PREÇO DE REVENDA DO ÓLEO DIESEL B

$$PR_{it} = \delta \times PB_t + (1-\delta) \times PF_{it} + ICMS_t + \mu^D_{it} + \mu^R_{it}$$

AC	3,412	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,917	+	0,402	+	0,466	x	0,500
AL	2,858	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,894	+	0,402	+	0,184	x	0,250
AP	2,855	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,917	+	0,402	+	0,200	x	0,209
AM	2,940	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,917	+	0,402	+	0,225	x	0,270
BA	2,792	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,894	+	0,402	+	0,119	x	0,249
CE	2,917	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,894	+	0,402	+	0,199	x	0,294
DF	2,917	=	9%	x	3,321	+	91%	x	2,023	+	0,402	+	0,144	x	0,231
ES	2,904	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,986	+	0,402	+	0,133	x	0,263
GO	2,854	=	9%	x	3,321	+	91%	x	2,023	+	0,402	+	0,077	x	0,235
MA	2,789	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,894	+	0,402	+	0,129	x	0,236
MT	2,915	=	9%	x	3,321	+	91%	x	2,023	+	0,402	+	0,134	x	0,239
MS	2,942	=	9%	x	3,321	+	91%	x	2,023	+	0,402	+	0,111	x	0,289
MG	2,958	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,986	+	0,402	+	0,131	x	0,319
PA	3,021	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,917	+	0,402	+	0,240	x	0,336
PB	2,764	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,894	+	0,402	+	0,121	x	0,218
PR	2,886	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,946	+	0,402	+	0,150	x	0,264
PE	2,831	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,894	+	0,402	+	0,153	x	0,253
PI	2,755	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,894	+	0,402	+	0,102	x	0,228
RJ	2,917	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,986	+	0,402	+	0,104	x	0,305
RN	2,827	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,894	+	0,402	+	0,144	x	0,259
RS	2,994	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,946	+	0,402	+	0,224	x	0,298
RO	2,873	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,917	+	0,402	+	0,129	x	0,299
RR	2,858	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,917	+	0,402	+	0,111	x	0,302
SC	2,854	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,946	+	0,402	+	0,088	x	0,294
SP	2,879	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,986	+	0,402	+	0,149	x	0,223
SE	2,772	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,894	+	0,402	+	0,086	x	0,262
TO	2,920	=	9%	x	3,321	+	91%	x	1,917	+	0,402	+	0,176	x	0,300

CURVA DE DEMANDA DE ÓLEO DIESEL B

$$Y_{it} = -18{,}83 \times PR_{it} + 1{,}45 \times Frota_{it}$$

9.909	=	-18,83	x	3,412	+	1,45	x	6.859
38.348	=	-18,83	x	2,858	+	1,45	x	26.411
35.408	=	-18,83	x	2,855	+	1,45	x	24.389
6.139	=	-18,83	x	2,940	+	1,45	x	4.260
207.041	=	-18,83	x	2,792	+	1,45	x	142.427
108.719	=	-18,83	x	2,917	+	1,45	x	74.809
45.401	=	-18,83	x	2,917	+	1,45	x	31.262
113.469	=	-18,83	x	2,904	+	1,45	x	78.075
172.720	=	-18,83	x	2,854	+	1,45	x	118.824
60.456	=	-18,83	x	2,789	+	1,45	x	41.614
526.947	=	-18,83	x	2,915	+	1,45	x	362.442
84.900	=	-18,83	x	2,942	+	1,45	x	58.428
129.041	=	-18,83	x	2,958	+	1,45	x	88.785
95.921	=	-18,83	x	3,021	+	1,45	x	66.008
42.716	=	-18,83	x	2,764	+	1,45	x	29.414
420.791	=	-18,83	x	2,886	+	1,45	x	289.434
137.169	=	-18,83	x	2,831	+	1,45	x	94.373
45.240	=	-18,83	x	2,755	+	1,45	x	31.149
228.122	=	-18,83	x	2,917	+	1,45	x	156.927
51.256	=	-18,83	x	2,827	+	1,45	x	35.288
43.915	=	-18,83	x	2,994	+	1,45	x	30.241
8.046	=	-18,83	x	2,873	+	1,45	x	5.571
348.579	=	-18,83	x	2,858	+	1,45	x	239.770
238.806	=	-18,83	x	2,854	+	1,45	x	164.274
33.738	=	-18,83	x	2,879	+	1,45	x	23.240
1.095.380	=	-18,83	x	2,772	+	1,45	x	753.376
34.790	=	-18,83	x	2,920	+	1,45	x	23.965

EQUILÍBRIO PARCIAL - MERCADO DE BIODIESEL

$$Y_t^{B100} = \delta \times Y_t$$

$$Y_t^{B100} = 392.667 = 9\% \times 4.362.970$$

$$PB_t = 3{,}321$$

Curva de Oferta do Biodiesel

Simulação do Equilíbrio Parcial de Mercado para Cenário de Teor de Biodiesel de 10%

δ = 10%

FUNÇÃO DO PREÇO DE REVENDA DO ÓLEO DIESEL B

$$PR_{it} = \delta \times PB_t + (1-\delta) \times PF_{it} + ICMS_t + \mu_{it}^{D} + \mu_{it}^{R}$$

AC	3,426	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,917	+	0,402	+	0,466	x	0,500
AL	2,872	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,894	+	0,402	+	0,184	x	0,250
AP	2,869	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,917	+	0,402	+	0,200	x	0,209
AM	2,954	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,917	+	0,402	+	0,225	x	0,270
BA	2,807	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,894	+	0,402	+	0,119	x	0,249
CE	2,931	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,894	+	0,402	+	0,199	x	0,294
DF	2,930	=	10%	x	3,321	+	90%	x	2,023	+	0,402	+	0,144	x	0,231
ES	2,917	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,986	+	0,402	+	0,133	x	0,263
GO	2,867	=	10%	x	3,321	+	90%	x	2,023	+	0,402	+	0,077	x	0,235
MA	2,803	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,894	+	0,402	+	0,129	x	0,236
MT	2,928	=	10%	x	3,321	+	90%	x	2,023	+	0,402	+	0,134	x	0,239
MS	2,955	=	10%	x	3,321	+	90%	x	2,023	+	0,402	+	0,111	x	0,289
MG	2,971	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,986	+	0,402	+	0,131	x	0,319
PA	3,035	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,917	+	0,402	+	0,240	x	0,336
PB	2,778	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,894	+	0,402	+	0,121	x	0,218
PR	2,900	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,946	+	0,402	+	0,150	x	0,264
PE	2,845	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,894	+	0,402	+	0,153	x	0,253
PI	2,769	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,894	+	0,402	+	0,102	x	0,228
RJ	2,930	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,986	+	0,402	+	0,104	x	0,305
RN	2,841	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,894	+	0,402	+	0,144	x	0,259
RS	3,007	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,946	+	0,402	+	0,224	x	0,298
RO	2,887	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,917	+	0,402	+	0,129	x	0,299
RR	2,872	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,917	+	0,402	+	0,111	x	0,302
SC	2,867	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,946	+	0,402	+	0,088	x	0,294
SP	2,893	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,986	+	0,402	+	0,149	x	0,223
SE	2,787	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,894	+	0,402	+	0,086	x	0,262
TO	2,934	=	10%	x	3,321	+	90%	x	1,917	+	0,402	+	0,176	x	0,300

CURVA DE DEMANDA DE ÓLEO DIESEL B

$$Y_{it} = -18{,}83 \times PR_{it} + 1{,}45 \times Frota_{it}$$

9.909	=	-18,83	x	3,426	+	1,45	x	6.859
38.348	=	-18,83	x	2,872	+	1,45	x	26.411
35.408	=	-18,83	x	2,869	+	1,45	x	24.389
6.139	=	-18,83	x	2,954	+	1,45	x	4.260
207.041	=	-18,83	x	2,807	+	1,45	x	142.427
108.719	=	-18,83	x	2,931	+	1,45	x	74.809
45.401	=	-18,83	x	2,930	+	1,45	x	31.262
113.469	=	-18,83	x	2,917	+	1,45	x	78.075
172.720	=	-18,83	x	2,867	+	1,45	x	118.824
60.456	=	-18,83	x	2,803	+	1,45	x	41.614
526.947	=	-18,83	x	2,928	+	1,45	x	362.442
84.900	=	-18,83	x	2,955	+	1,45	x	58.428
129.040	=	-18,83	x	2,971	+	1,45	x	88.785
95.921	=	-18,83	x	3,035	+	1,45	x	66.008
42.716	=	-18,83	x	2,778	+	1,45	x	29.414
420.791	=	-18,83	x	2,900	+	1,45	x	289.434
137.168	=	-18,83	x	2,845	+	1,45	x	94.373
45.240	=	-18,83	x	2,769	+	1,45	x	31.149
228.122	=	-18,83	x	2,930	+	1,45	x	156.927
51.256	=	-18,83	x	2,841	+	1,45	x	35.288
43.915	=	-18,83	x	3,007	+	1,45	x	30.241
8.046	=	-18,83	x	2,887	+	1,45	x	5.571
348.579	=	-18,83	x	2,872	+	1,45	x	239.770
238.806	=	-18,83	x	2,867	+	1,45	x	164.274
33.737	=	-18,83	x	2,893	+	1,45	x	23.240
1.095.380	=	-18,83	x	2,787	+	1,45	x	753.376
34.790	=	-18,83	x	2,934	+	1,45	x	23.965

EQUILÍBRIO PARCIAL - MERCADO DE BIODIESEL

$$Y_t^{B100} = \delta \times Y_t$$

$$Y_t^{B100} = 436.296 = 10\% \times 4.362.963$$

$$PB_t = 3{,}321$$

Curva de Oferta do Biodiesel

Simulação do Equilíbrio Parcial de Mercado para Cenário de Teor de Biodiesel de 11%

δ = 11%

FUNÇÃO DO PREÇO DE REVENDA DO ÓLEO DIESEL B

$$PR_{it} = \delta \times PB_t + (1-\delta) \times PF_{it} + ICMS_t + \mu_{it}^{D} + \mu_{it}^{R}$$

AC	3,440	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,917	+	0,402	+	0,466	x	0,500
AL	2,887	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,894	+	0,402	+	0,184	x	0,250
AP	2,883	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,917	+	0,402	+	0,200	x	0,209
AM	2,968	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,917	+	0,402	+	0,225	x	0,270
BA	2,821	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,894	+	0,402	+	0,119	x	0,249
CE	2,945	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,894	+	0,402	+	0,199	x	0,294
DF	2,943	=	11%	x	3,323	+	89%	x	2,023	+	0,402	+	0,144	x	0,231
ES	2,931	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,986	+	0,402	+	0,133	x	0,263
GO	2,880	=	11%	x	3,323	+	89%	x	2,023	+	0,402	+	0,077	x	0,235
MA	2,817	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,894	+	0,402	+	0,129	x	0,236
MT	2,941	=	11%	x	3,323	+	89%	x	2,023	+	0,402	+	0,134	x	0,239
MS	2,968	=	11%	x	3,323	+	89%	x	2,023	+	0,402	+	0,111	x	0,289
MG	2,985	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,986	+	0,402	+	0,131	x	0,319
PA	3,049	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,917	+	0,402	+	0,240	x	0,336
PB	2,792	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,894	+	0,402	+	0,121	x	0,218
PR	2,914	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,946	+	0,402	+	0,150	x	0,264
PE	2,859	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,894	+	0,402	+	0,153	x	0,253
PI	2,783	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,894	+	0,402	+	0,102	x	0,228
RJ	2,944	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,986	+	0,402	+	0,104	x	0,305
RN	2,856	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,894	+	0,402	+	0,144	x	0,259
RS	3,021	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,946	+	0,402	+	0,224	x	0,298
RO	2,901	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,917	+	0,402	+	0,129	x	0,299
RR	2,886	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,917	+	0,402	+	0,111	x	0,302
SC	2,881	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,946	+	0,402	+	0,088	x	0,294
SP	2,906	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,986	+	0,402	+	0,149	x	0,223
SE	2,801	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,894	+	0,402	+	0,086	x	0,262
TO	2,948	=	11%	x	3,323	+	89%	x	1,917	+	0,402	+	0,176	x	0,300

CURVA DE DEMANDA DE ÓLEO DIESEL B

$$Y_{it} = -18{,}83 \times PR_{it} + 1{,}45 \times Frota_{it}$$

9.909	=	-18,83	x	3,440	+	1,45	x	6.859
38.348	=	-18,83	x	2,887	+	1,45	x	26.411
35.407	=	-18,83	x	2,883	+	1,45	x	24.389
6.139	=	-18,83	x	2,968	+	1,45	x	4.260
207.041	=	-18,83	x	2,821	+	1,45	x	142.427
108.718	=	-18,83	x	2,945	+	1,45	x	74.809
45.401	=	-18,83	x	2,943	+	1,45	x	31.262
113.469	=	-18,83	x	2,931	+	1,45	x	78.075
172.720	=	-18,83	x	2,880	+	1,45	x	118.824
60.456	=	-18,83	x	2,817	+	1,45	x	41.614
526.947	=	-18,83	x	2,941	+	1,45	x	362.442
84.900	=	-18,83	x	2,968	+	1,45	x	58.428
129.040	=	-18,83	x	2,985	+	1,45	x	88.785
95.920	=	-18,83	x	3,049	+	1,45	x	66.008
42.716	=	-18,83	x	2,792	+	1,45	x	29.414
420.791	=	-18,83	x	2,914	+	1,45	x	289.434
137.168	=	-18,83	x	2,859	+	1,45	x	94.373
45.240	=	-18,83	x	2,783	+	1,45	x	31.149
228.122	=	-18,83	x	2,944	+	1,45	x	156.927
51.256	=	-18,83	x	2,856	+	1,45	x	35.288
43.914	=	-18,83	x	3,021	+	1,45	x	30.241
8.045	=	-18,83	x	2,901	+	1,45	x	5.571
348.578	=	-18,83	x	2,886	+	1,45	x	239.770
238.806	=	-18,83	x	2,881	+	1,45	x	164.274
33.737	=	-18,83	x	2,906	+	1,45	x	23.240
1.095.380	=	-18,83	x	2,801	+	1,45	x	753.376
34.790	=	-18,83	x	2,948	+	1,45	x	23.965

EQUILÍBRIO PARCIAL - MERCADO DE BIODIESEL

$$Y_t^{B100} = \delta \times Y_t$$

$$Y_t^{B100} = 479.925 = 11\% \times 4.362.956$$

$$PB_t = 3{,}323$$

Curva de Oferta do Biodiesel

Simulação do Equilíbrio Parcial de Mercado para Cenário de Teor de Biodiesel de 12%

δ = 12%

FUNÇÃO DO PREÇO DE REVENDA DO ÓLEO DIESEL B

$$PR_{it} = \delta \times PB_t + (1-\delta) \times PF_{it} + ICMS_t + \mu_{it}^{D} + \mu_{it}^{R}$$

AC	3,455	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,917	+	0,402	+	0,466	x	0,500
AL	2,902	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,894	+	0,402	+	0,184	x	0,250
AP	2,898	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,917	+	0,402	+	0,200	x	0,209
AM	2,983	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,917	+	0,402	+	0,225	x	0,270
BA	2,837	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,894	+	0,402	+	0,119	x	0,249
CE	2,961	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,894	+	0,402	+	0,199	x	0,294
DF	2,957	=	12%	x	3,332	+	88%	x	2,023	+	0,402	+	0,144	x	0,231
ES	2,945	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,986	+	0,402	+	0,133	x	0,263
GO	2,894	=	12%	x	3,332	+	88%	x	2,023	+	0,402	+	0,077	x	0,235
MA	2,833	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,894	+	0,402	+	0,129	x	0,236
MT	2,955	=	12%	x	3,332	+	88%	x	2,023	+	0,402	+	0,134	x	0,239
MS	2,982	=	12%	x	3,332	+	88%	x	2,023	+	0,402	+	0,111	x	0,289
MG	2,999	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,986	+	0,402	+	0,131	x	0,319
PA	3,065	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,917	+	0,402	+	0,240	x	0,336
PB	2,808	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,894	+	0,402	+	0,121	x	0,218
PR	2,929	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,946	+	0,402	+	0,150	x	0,264
PE	2,875	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,894	+	0,402	+	0,153	x	0,253
PI	2,799	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,894	+	0,402	+	0,102	x	0,228
RJ	2,959	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,986	+	0,402	+	0,104	x	0,305
RN	2,871	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,894	+	0,402	+	0,144	x	0,259
RS	3,036	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,946	+	0,402	+	0,224	x	0,298
RO	2,917	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,917	+	0,402	+	0,129	x	0,299
RR	2,901	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,917	+	0,402	+	0,111	x	0,302
SC	2,896	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,946	+	0,402	+	0,088	x	0,294
SP	2,921	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,986	+	0,402	+	0,149	x	0,223
SE	2,816	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,894	+	0,402	+	0,086	x	0,262
TO	2,964	=	12%	x	3,332	+	88%	x	1,917	+	0,402	+	0,176	x	0,300

CURVA DE DEMANDA DE ÓLEO DIESEL B

$$Y_{it} = -18{,}83 \times PR_{it} + 1{,}45 \times Frota_{it}$$

9.908	=	-18,83	x	3,455	+	1,45	x	6.859
38.348	=	-18,83	x	2,902	+	1,45	x	26.411
35.407	=	-18,83	x	2,898	+	1,45	x	24.389
6.139	=	-18,83	x	2,983	+	1,45	x	4.260
207.040	=	-18,83	x	2,837	+	1,45	x	142.427
108.718	=	-18,83	x	2,961	+	1,45	x	74.809
45.400	=	-18,83	x	2,957	+	1,45	x	31.262
113.468	=	-18,83	x	2,945	+	1,45	x	78.075
172.720	=	-18,83	x	2,894	+	1,45	x	118.824
60.455	=	-18,83	x	2,833	+	1,45	x	41.614
526.946	=	-18,83	x	2,955	+	1,45	x	362.442
84.899	=	-18,83	x	2,982	+	1,45	x	58.428
129.040	=	-18,83	x	2,999	+	1,45	x	88.785
95.920	=	-18,83	x	3,065	+	1,45	x	66.008
42.715	=	-18,83	x	2,808	+	1,45	x	29.414
420.791	=	-18,83	x	2,929	+	1,45	x	289.434
137.168	=	-18,83	x	2,875	+	1,45	x	94.373
45.239	=	-18,83	x	2,799	+	1,45	x	31.149
228.121	=	-18,83	x	2,959	+	1,45	x	156.927
51.256	=	-18,83	x	2,871	+	1,45	x	35.288
43.914	=	-18,83	x	3,036	+	1,45	x	30.241
8.045	=	-18,83	x	2,917	+	1,45	x	5.571
348.578	=	-18,83	x	2,901	+	1,45	x	239.770
238.805	=	-18,83	x	2,896	+	1,45	x	164.274
33.737	=	-18,83	x	2,921	+	1,45	x	23.240
1.095.380	=	-18,83	x	2,816	+	1,45	x	753.376
34.789	=	-18,83	x	2,964	+	1,45	x	23.965

EQUILÍBRIO PARCIAL - MERCADO DE BIODIESEL

$$Y_t^{B100} = \delta \times Y_t$$

Y_t^{B100} = **523.554** = **12%** x **4.362.948**

PB_t = **3,332**

Curva de Oferta do Biodiesel

Simulação do Equilíbrio Parcial de Mercado para Cenário de Teor de Biodiesel de 13%

δ = 13%

FUNÇÃO DO PREÇO DE REVENDA DO ÓLEO DIESEL B

$$PR_{it} = \delta \times PB_t + (1-\delta) \times PF_{it} + ICMS_t + \mu_{it}^{D} + \mu_{it}^{R}$$

AC	3,472	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,917	+	0,402	+	0,466	x	0,500
AL	2,920	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,894	+	0,402	+	0,184	x	0,250
AP	2,915	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,917	+	0,402	+	0,200	x	0,209
AM	3,001	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,917	+	0,402	+	0,225	x	0,270
BA	2,854	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,894	+	0,402	+	0,119	x	0,249
CE	2,978	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,894	+	0,402	+	0,199	x	0,294
DF	2,973	=	13%	x	3,354	+	87%	x	2,023	+	0,402	+	0,144	x	0,231
ES	2,961	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,986	+	0,402	+	0,133	x	0,263
GO	2,910	=	13%	x	3,354	+	87%	x	2,023	+	0,402	+	0,077	x	0,235
MA	2,850	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,894	+	0,402	+	0,129	x	0,236
MT	2,971	=	13%	x	3,354	+	87%	x	2,023	+	0,402	+	0,134	x	0,239
MS	2,998	=	13%	x	3,354	+	87%	x	2,023	+	0,402	+	0,111	x	0,289
MG	3,016	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,986	+	0,402	+	0,131	x	0,319
PA	3,082	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,917	+	0,402	+	0,240	x	0,336
PB	2,825	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,894	+	0,402	+	0,121	x	0,218
PR	2,946	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,946	+	0,402	+	0,150	x	0,264
PE	2,892	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,894	+	0,402	+	0,153	x	0,253
PI	2,816	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,894	+	0,402	+	0,102	x	0,228
RJ	2,975	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,986	+	0,402	+	0,104	x	0,305
RN	2,888	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,894	+	0,402	+	0,144	x	0,259
RS	3,053	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,946	+	0,402	+	0,224	x	0,298
RO	2,934	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,917	+	0,402	+	0,129	x	0,299
RR	2,918	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,917	+	0,402	+	0,111	x	0,302
SC	2,913	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,946	+	0,402	+	0,088	x	0,294
SP	2,937	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,986	+	0,402	+	0,149	x	0,223
SE	2,834	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,894	+	0,402	+	0,086	x	0,262
TO	2,981	=	13%	x	3,354	+	87%	x	1,917	+	0,402	+	0,176	x	0,300

CURVA DE DEMANDA DE ÓLEO DIESEL B

$$Y_{it} = -18{,}83 \times PR_{it} + 1{,}45 \times Frota_{it}$$

9.908	=	-18,83	x	3,472	+	1,45	x	6.859
38.347	=	-18,83	x	2,920	+	1,45	x	26.411
35.407	=	-18,83	x	2,915	+	1,45	x	24.389
6.138	=	-18,83	x	3,001	+	1,45	x	4.260
207.040	=	-18,83	x	2,854	+	1,45	x	142.427
108.718	=	-18,83	x	2,978	+	1,45	x	74.809
45.400	=	-18,83	x	2,973	+	1,45	x	31.262
113.468	=	-18,83	x	2,961	+	1,45	x	78.075
172.719	=	-18,83	x	2,910	+	1,45	x	118.824
60.455	=	-18,83	x	2,850	+	1,45	x	41.614
526.946	=	-18,83	x	2,971	+	1,45	x	362.442
84.899	=	-18,83	x	2,998	+	1,45	x	58.428
129.040	=	-18,83	x	3,016	+	1,45	x	88.785
95.920	=	-18,83	x	3,082	+	1,45	x	66.008
42.715	=	-18,83	x	2,825	+	1,45	x	29.414
420.790	=	-18,83	x	2,946	+	1,45	x	289.434
137.168	=	-18,83	x	2,892	+	1,45	x	94.373
45.239	=	-18,83	x	2,816	+	1,45	x	31.149
228.121	=	-18,83	x	2,975	+	1,45	x	156.927
51.255	=	-18,83	x	2,888	+	1,45	x	35.288
43.914	=	-18,83	x	3,053	+	1,45	x	30.241
8.045	=	-18,83	x	2,934	+	1,45	x	5.571
348.578	=	-18,83	x	2,918	+	1,45	x	239.770
238.805	=	-18,83	x	2,913	+	1,45	x	164.274
33.736	=	-18,83	x	2,937	+	1,45	x	23.240
1.095.379	=	-18,83	x	2,834	+	1,45	x	753.376
34.789	=	-18,83	x	2,981	+	1,45	x	23.965

EQUILÍBRIO PARCIAL - MERCADO DE BIODIESEL

$$Y_t^{B100} = \delta \times Y_t$$

$$Y_t^{B100} = 567.182 = 13\% \times 4.362.940$$

$$PB_t = 3{,}354$$

Curva de Oferta do Biodiesel

Simulação do Equilíbrio Parcial de Mercado para Cenário de Teor de Biodiesel de 14%

δ = 14%

FUNÇÃO DO PREÇO DE REVENDA DO ÓLEO DIESEL B

$$PR_{it} = \delta \times PB_t + (1-\delta) \times PF_{it} + ICMS_t + \mu_{it}^{D} + \mu_{it}^{R}$$

AC	3,488	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,917	+	0,402	+	0,466	x	0,500
AL	2,936	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,894	+	0,402	+	0,184	x	0,250
AP	2,931	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,917	+	0,402	+	0,200	x	0,209
AM	3,017	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,917	+	0,402	+	0,225	x	0,270
BA	2,870	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,894	+	0,402	+	0,119	x	0,249
CE	2,994	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,894	+	0,402	+	0,199	x	0,294
DF	2,988	=	14%	x	3,367	+	86%	x	2,023	+	0,402	+	0,144	x	0,231
ES	2,977	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,986	+	0,402	+	0,133	x	0,263
GO	2,925	=	14%	x	3,367	+	86%	x	2,023	+	0,402	+	0,077	x	0,235
MA	2,866	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,894	+	0,402	+	0,129	x	0,236
MT	2,986	=	14%	x	3,367	+	86%	x	2,023	+	0,402	+	0,134	x	0,239
MS	3,013	=	14%	x	3,367	+	86%	x	2,023	+	0,402	+	0,111	x	0,289
MG	3,031	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,986	+	0,402	+	0,131	x	0,319
PA	3,098	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,917	+	0,402	+	0,240	x	0,336
PB	2,842	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,894	+	0,402	+	0,121	x	0,218
PR	2,962	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,946	+	0,402	+	0,150	x	0,264
PE	2,908	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,894	+	0,402	+	0,153	x	0,253
PI	2,833	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,894	+	0,402	+	0,102	x	0,228
RJ	2,990	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,986	+	0,402	+	0,104	x	0,305
RN	2,905	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,894	+	0,402	+	0,144	x	0,259
RS	3,069	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,946	+	0,402	+	0,224	x	0,298
RO	2,950	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,917	+	0,402	+	0,129	x	0,299
RR	2,934	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,917	+	0,402	+	0,111	x	0,302
SC	2,929	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,946	+	0,402	+	0,088	x	0,294
SP	2,953	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,986	+	0,402	+	0,149	x	0,223
SE	2,850	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,894	+	0,402	+	0,086	x	0,262
TO	2,997	=	14%	x	3,367	+	86%	x	1,917	+	0,402	+	0,176	x	0,300

CURVA DE DEMANDA DE ÓLEO DIESEL B

$$Y_{it} = -18{,}83 \times PR_{it} + 1{,}45 \times Frota_{it}$$

9.908	=	-18,83	x	3,488	+	1,45	x	6.859
38.347	=	-18,83	x	2,936	+	1,45	x	26.411
35.407	=	-18,83	x	2,931	+	1,45	x	24.389
6.138	=	-18,83	x	3,017	+	1,45	x	4.260
207.040	=	-18,83	x	2,870	+	1,45	x	142.427
108.718	=	-18,83	x	2,994	+	1,45	x	74.809
45.400	=	-18,83	x	2,988	+	1,45	x	31.262
113.468	=	-18,83	x	2,977	+	1,45	x	78.075
172.719	=	-18,83	x	2,925	+	1,45	x	118.824
60.455	=	-18,83	x	2,866	+	1,45	x	41.614
526.946	=	-18,83	x	2,986	+	1,45	x	362.442
84.899	=	-18,83	x	3,013	+	1,45	x	58.428
129.039	=	-18,83	x	3,031	+	1,45	x	88.785
95.919	=	-18,83	x	3,098	+	1,45	x	66.008
42.715	=	-18,83	x	2,842	+	1,45	x	29.414
420.790	=	-18,83	x	2,962	+	1,45	x	289.434
137.167	=	-18,83	x	2,908	+	1,45	x	94.373
45.239	=	-18,83	x	2,833	+	1,45	x	31.149
228.121	=	-18,83	x	2,990	+	1,45	x	156.927
51.255	=	-18,83	x	2,905	+	1,45	x	35.288
43.913	=	-18,83	x	3,069	+	1,45	x	30.241
8.044	=	-18,83	x	2,950	+	1,45	x	5.571
348.577	=	-18,83	x	2,934	+	1,45	x	239.770
238.805	=	-18,83	x	2,929	+	1,45	x	164.274
33.736	=	-18,83	x	2,953	+	1,45	x	23.240
1.095.379	=	-18,83	x	2,850	+	1,45	x	753.376
34.789	=	-18,83	x	2,997	+	1,45	x	23.965

EQUILÍBRIO PARCIAL - MERCADO DE BIODIESEL

$$Y_t^{B100} = \delta \times Y_t$$

$$Y_t^{B100} = 610.810 = 14\% \times 4.362.931$$

$$PB_t = 3{,}367$$

Curva de Oferta do Biodiesel

Simulação do Equilíbrio Parcial de Mercado para Cenário de Teor de Biodiesel de 15%

δ = 15%

FUNÇÃO DO PREÇO DE REVENDA DO ÓLEO DIESEL B

$$PR_{it} = \delta \times PB_t + (1-\delta) \times PF_{it} + ICMS_t + \mu_{it}^{D} + \mu_{it}^{R}$$

AC	3,511	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,917	+	0,402	+	0,466	x	0,500
AL	2,959	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,894	+	0,402	+	0,184	x	0,250
AP	2,954	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,917	+	0,402	+	0,200	x	0,209
AM	3,040	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,917	+	0,402	+	0,225	x	0,270
BA	2,893	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,894	+	0,402	+	0,119	x	0,249
CE	3,018	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,894	+	0,402	+	0,199	x	0,294
DF	3,010	=	15%	x	3,423	+	85%	x	2,023	+	0,402	+	0,144	x	0,231
ES	2,999	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,986	+	0,402	+	0,133	x	0,263
GO	2,947	=	15%	x	3,423	+	85%	x	2,023	+	0,402	+	0,077	x	0,235
MA	2,889	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,894	+	0,402	+	0,129	x	0,236
MT	3,008	=	15%	x	3,423	+	85%	x	2,023	+	0,402	+	0,134	x	0,239
MS	3,035	=	15%	x	3,423	+	85%	x	2,023	+	0,402	+	0,111	x	0,289
MG	3,053	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,986	+	0,402	+	0,131	x	0,319
PA	3,121	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,917	+	0,402	+	0,240	x	0,336
PB	2,865	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,894	+	0,402	+	0,121	x	0,218
PR	2,984	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,946	+	0,402	+	0,150	x	0,264
PE	2,932	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,894	+	0,402	+	0,153	x	0,253
PI	2,856	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,894	+	0,402	+	0,102	x	0,228
RJ	3,013	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,986	+	0,402	+	0,104	x	0,305
RN	2,928	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,894	+	0,402	+	0,144	x	0,259
RS	3,091	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,946	+	0,402	+	0,224	x	0,298
RO	2,973	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,917	+	0,402	+	0,129	x	0,299
RR	2,957	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,917	+	0,402	+	0,111	x	0,302
SC	2,951	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,946	+	0,402	+	0,088	x	0,294
SP	2,975	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,986	+	0,402	+	0,149	x	0,223
SE	2,873	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,894	+	0,402	+	0,086	x	0,262
TO	3,020	=	15%	x	3,423	+	85%	x	1,917	+	0,402	+	0,176	x	0,300

CURVA DE DEMANDA DE ÓLEO DIESEL B

$$Y_{it} = -18{,}83 \times PR_{it} + 1{,}45 \times Frota_{it}$$

9.907	=	-18,83	x	3,511	+	1,45	x	6.859
38.347	=	-18,83	x	2,959	+	1,45	x	26.411
35.406	=	-18,83	x	2,954	+	1,45	x	24.389
6.137	=	-18,83	x	3,040	+	1,45	x	4.260
207.039	=	-18,83	x	2,893	+	1,45	x	142.427
108.717	=	-18,83	x	3,018	+	1,45	x	74.809
45.399	=	-18,83	x	3,010	+	1,45	x	31.262
113.467	=	-18,83	x	2,999	+	1,45	x	78.075
172.719	=	-18,83	x	2,947	+	1,45	x	118.824
60.454	=	-18,83	x	2,889	+	1,45	x	41.614
526.945	=	-18,83	x	3,008	+	1,45	x	362.442
84.898	=	-18,83	x	3,035	+	1,45	x	58.428
129.039	=	-18,83	x	3,053	+	1,45	x	88.785
95.919	=	-18,83	x	3,121	+	1,45	x	66.008
42.714	=	-18,83	x	2,865	+	1,45	x	29.414
420.790	=	-18,83	x	2,984	+	1,45	x	289.434
137.167	=	-18,83	x	2,932	+	1,45	x	94.373
45.238	=	-18,83	x	2,856	+	1,45	x	31.149
228.120	=	-18,83	x	3,013	+	1,45	x	156.927
51.255	=	-18,83	x	2,928	+	1,45	x	35.288
43.913	=	-18,83	x	3,091	+	1,45	x	30.241
8.044	=	-18,83	x	2,973	+	1,45	x	5.571
348.577	=	-18,83	x	2,957	+	1,45	x	239.770
238.804	=	-18,83	x	2,951	+	1,45	x	164.274
33.736	=	-18,83	x	2,975	+	1,45	x	23.240
1.095.378	=	-18,83	x	2,873	+	1,45	x	753.376
34.788	=	-18,83	x	3,020	+	1,45	x	23.965

EQUILÍBRIO PARCIAL - MERCADO DE BIODIESEL

$$Y_t^{B100} = \delta \times Y_t$$

Y_t^{B100} = **654.438** = **15%** x **4.362.920**

PB_t = **3,423**

Curva de Oferta do Biodiesel

Simulação do Equilíbrio Parcial de Mercado para Cenário de Teor de Biodiesel de 20%

δ = 20%

FUNÇÃO DO PREÇO DE REVENDA DO ÓLEO DIESEL B

$$PR_{it} = \delta \times PB_t + (1-\delta) \times PF_{it} + ICMS_t + \mu_{it}^{D} + \mu_{it}^{R}$$

AC	3,880	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,917	+	0,402	+	0,466	x	0,500
AL	3,329	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,894	+	0,402	+	0,184	x	0,250
AP	3,323	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,917	+	0,402	+	0,200	x	0,209
AM	3,408	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,917	+	0,402	+	0,225	x	0,270
BA	3,263	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,894	+	0,402	+	0,119	x	0,249
CE	3,387	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,894	+	0,402	+	0,199	x	0,294
DF	3,373	=	20%	x	4,890	+	80%	x	2,023	+	0,402	+	0,144	x	0,231
ES	3,364	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,986	+	0,402	+	0,133	x	0,263
GO	3,311	=	20%	x	4,890	+	80%	x	2,023	+	0,402	+	0,077	x	0,235
MA	3,259	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,894	+	0,402	+	0,129	x	0,236
MT	3,371	=	20%	x	4,890	+	80%	x	2,023	+	0,402	+	0,134	x	0,239
MS	3,398	=	20%	x	4,890	+	80%	x	2,023	+	0,402	+	0,111	x	0,289
MG	3,419	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,986	+	0,402	+	0,131	x	0,319
PA	3,489	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,917	+	0,402	+	0,240	x	0,336
PB	3,234	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,894	+	0,402	+	0,121	x	0,218
PR	3,351	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,946	+	0,402	+	0,150	x	0,264
PE	3,301	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,894	+	0,402	+	0,153	x	0,253
PI	3,225	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,894	+	0,402	+	0,102	x	0,228
RJ	3,378	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,986	+	0,402	+	0,104	x	0,305
RN	3,298	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,894	+	0,402	+	0,144	x	0,259
RS	3,459	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,946	+	0,402	+	0,224	x	0,298
RO	3,341	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,917	+	0,402	+	0,129	x	0,299
RR	3,326	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,917	+	0,402	+	0,111	x	0,302
SC	3,319	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,946	+	0,402	+	0,088	x	0,294
SP	3,340	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,986	+	0,402	+	0,149	x	0,223
SE	3,243	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,894	+	0,402	+	0,086	x	0,262
TO	3,388	=	20%	x	4,890	+	80%	x	1,917	+	0,402	+	0,176	x	0,300

CURVA DE DEMANDA DE ÓLEO DIESEL B

$$Y_{it} = -18{,}83 \times PR_{it} + 1{,}45 \times Frota_{it}$$

9.900	=	-18,83	x	3,880	+	1,45	x	6.859
38.340	=	-18,83	x	3,329	+	1,45	x	26.411
35.399	=	-18,83	x	3,323	+	1,45	x	24.389
6.131	=	-18,83	x	3,408	+	1,45	x	4.260
207.032	=	-18,83	x	3,263	+	1,45	x	142.427
108.710	=	-18,83	x	3,387	+	1,45	x	74.809
45.393	=	-18,83	x	3,373	+	1,45	x	31.262
113.461	=	-18,83	x	3,364	+	1,45	x	78.075
172.712	=	-18,83	x	3,311	+	1,45	x	118.824
60.447	=	-18,83	x	3,259	+	1,45	x	41.614
526.939	=	-18,83	x	3,371	+	1,45	x	362.442
84.892	=	-18,83	x	3,398	+	1,45	x	58.428
129.032	=	-18,83	x	3,419	+	1,45	x	88.785
95.912	=	-18,83	x	3,489	+	1,45	x	66.008
42.707	=	-18,83	x	3,234	+	1,45	x	29.414
420.783	=	-18,83	x	3,351	+	1,45	x	289.434
137.160	=	-18,83	x	3,301	+	1,45	x	94.373
45.231	=	-18,83	x	3,225	+	1,45	x	31.149
228.113	=	-18,83	x	3,378	+	1,45	x	156.927
51.248	=	-18,83	x	3,298	+	1,45	x	35.288
43.906	=	-18,83	x	3,459	+	1,45	x	30.241
8.037	=	-18,83	x	3,341	+	1,45	x	5.571
348.570	=	-18,83	x	3,326	+	1,45	x	239.770
238.797	=	-18,83	x	3,319	+	1,45	x	164.274
33.729	=	-18,83	x	3,340	+	1,45	x	23.240
1.095.372	=	-18,83	x	3,243	+	1,45	x	753.376
34.781	=	-18,83	x	3,388	+	1,45	x	23.965

EQUILÍBRIO PARCIAL - MERCADO DE BIODIESEL

$$Y_t^{B100} = \delta \times Y_t$$

$$Y_t^{B100} = 872.547 = 20\% \times 4.362.733$$

$$PB_t = 4{,}890$$

Curva de Oferta do Biodiesel