

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DE
RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DE ORGANIZAÇÕES

GABRIEL DE OLIVEIRA TEIXEIRA

Análise do Programa RenovaBio e do mercado de bioenergia: uma visão geral e sugestões
de aprimoramento para a política sob a ótica de especialistas do setor

Orientador: Prof. Dr. Marcos Fava Neves

RIBEIRÃO PRETO

2023

Prof. Dr. Carlos Gilberto Carlotti Junior
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Fabio Augusto Reis Gomes
Diretor da Faculdade de Administração, Economia e Contabilidade de Ribeirão Preto

Prof. Dr. João Luiz Passador
Chefe do Departamento de Administração

GABRIEL DE OLIVEIRA TEIXEIRA

Análise do Programa RenovaBio e do mercado de bioenergia: uma visão geral e sugestões de aprimoramento para a política sob a ótica de especialistas do setor

Dissertação apresentada ao Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de mestre em ciências. Versão Corrigida. A original encontra-se disponível na FEA-RP/USP.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Fava Neves

RIBEIRÃO PRETO

2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo da Publicação

Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo

FICHA CATALOGRÁFICA

Teixeira, Gabriel de Oliveira

Análise do Programa RenovaBio e do mercado de bioenergia: uma visão geral e sugestões de aprimoramento para a política sob a ótica de especialistas do setor, 2023. 159 p.; 16 fig. 21 gráf. 9 Quadros

Dissertação de mestrado, apresentada à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto/USP.

Área de concentração: Criação de Valor: Gestão de Processos Organizacionais e de Marketing

Orientador: Marcos Fava Neves

1. RenovaBio.
2. Mercado de etanol.
3. Mercado de carbono.
4. Bioenergia.
5. Sustentabilidade

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente à minha família, especialmente aos meus pais Antônio (*in memoriam*) e Naira e a todo o seu apoio à minha jornada acadêmica.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcos Fava Neves pelo seu acolhimento dentro e fora da Universidade de São Paulo e a todas as oportunidades que me proporcionou.

À Markestrat e a toda a sua equipe por permitir o meu desenvolvimento profissional e pessoal.

Aos amigos pessoais e que estiveram comigo dentro da academia e na minha jornada profissional durante o período desta pesquisa, Letícia, Flávio, Vítor, Vinícius, Beatriz, João, César, Sarah, Caio, Lucas, Patrícia (*in memoriam*), Mateus e tantos outros que me apoiaram durante os últimos anos.

A todos os que disponibilizaram o seu tempo para participar desta pesquisa e colaborar com o avanço da ciência no Brasil.

À Universidade de São Paulo, especialmente à Faculdade de Economia Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto a qual devo a minha formação de excelência desde o meu período de graduação.

A todos que me inspiraram e me motivaram a percorrer o árduo caminho que me permitiu chegar a esse momento e onde estou hoje.

À CAPES pelo financiamento parcial deste estudo. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

“The traditional approach has tended to obscure the nature of the choice that has to be made. The question is commonly thought of as one in which A inflicts harm on B and what has to be decided is: how should we restrain A? But this is wrong. We are dealing with a problem of a reciprocal nature. To avoid the harm to B would inflict harm on A. The real question that has to be decided is: should A be allowed to harm B or should B be allowed to harm A?”

Ronald H. Coase

RESUMO

TEIXEIRA, Gabriel de Oliveira. **Análise do Programa RenovaBio e do mercado de bioenergia: uma visão geral e sugestões de aprimoramento para a política sob a ótica de especialistas do setor.** 159p. Dissertação de mestrado – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2023.

A sustentabilidade é uma das principais preocupações da sociedade atualmente. Esse fato evidencia-se por meio da crescente procura pela incorporação dos critérios ESG nas empresas do agronegócio e o aumento da atuação delas no mercado de carbono. O grande potencial de captura de carbono do Brasil e das empresas produtoras de bioenergia é um dos motivos para que a expansão deste tipo de energia renovável seja considerada prioridade nas estratégias globais de descarbonização e para o atingimento das metas propostas no Acordo de Paris. Nesse contexto, foi criado no Brasil o Programa RenovaBio, a política nacional de biocombustíveis que tem como objetivo descarbonizar o setor de transportes no país. Este trabalho analisa o cenário atual do mercado de bioenergia, a política do RenovaBio e, após apresentar o seu histórico e a sua implementação, sugere melhorias para ela com base na visão de 15 agentes envolvidos no setor de bioenergia.

Palavras-chave: RenovaBio; Mercado de etanol; Mercado de carbono; Bioenergia; Sustentabilidade

ABSTRACT

TEIXEIRA, Gabriel de Oliveira. **Analysis of the RenovaBio Program and the bioenergy market: an overview and suggestions for improving the policy from the perspective of sector experts.** 159p. Master's Dissertation - Faculty of Economics, Administration and Accounting, University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2023.

Sustainability is one of society's main concerns today. This fact is evident through the growing demand for the incorporation of ESG criteria in agribusiness companies and their increased involvement in the carbon market. The remarkable carbon capture potential of Brazil and bioenergy producing companies is one of the reasons why the expansion of this type of renewable energy is considered a priority in global decarbonization strategies and for achieving the goals proposed in the Paris Agreement. In this context, the RenovaBio Program, the national biofuels policy that aims to decarbonize the transport sector in the country, was created in Brazil. This work analyzes the current scenario of the bioenergy market, RenovaBio's policies and, after presenting its history and implementation, suggests improvements for the program based on the vision of 15 agents involved in the bioenergy sector.

Keywords: RenovaBio; Ethanol market; Carbon market; Bioenergy; Sustainability

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Misturas de Biocombustíveis ao Redor do Mundo	35
Quadro 2. Emissões médias de CO ₂ por tipo de veículo	38
Quadro 3. Protocolo de estudo de caso.....	70
Quadro 4. Questionário para entrevistas semiestruturadas.....	71
Quadro 5. Lista de entrevistados do setor de bioenergia	72
Quadro 6. Questionário para entrevistas com especialistas do setor de bioenergia	73
Quadro 7. Principais tópicos a respeito do desenvolvimento do RenovaBio	96
Quadro 8. Aprimoramentos necessários para o RenovaBio	100
Quadro 9. Proposta de ações necessárias para o aprimoramento de RenovaBio	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A evolução da responsabilidade corporativa e da sustentabilidade	21
Figura 2. O efeito marginal do ESG no Q de Tobin	26
Figura 3. Modelo de precificação de ativos de capital com ajuste (ESG)	27
Figura 4. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU	33
Figura 5. Princípios para sustentabilidade na bioenergia	34
Figura 6. Linha do tempo do mercado de etanol e as políticas públicas no Brasil.....	45
Figura 7. Resumo metodológico.....	73
Figura 8. Ilustração da RenovaCalc utilizada para a certificação de produtores de etanol	76
Figura 9. Parâmetros quantificados pelo RenovaBio na fase agrícola da produção de etanol de cana-de-açúcar.....	77
Figura 10. Parâmetros quantificados pelo RenovaBio na fase industrial da produção de etanol de cana-de-açúcar	78
Figura 11. Parâmetros quantificados pelo RenovaBio na fase de distribuição do etanol de cana-de-açúcar.....	79
Figura 12. O Funcionamento do RenovaBio	80
Figura 13. Lastro acumulado de emissão de CBIOS e usinas certificadas	84
Figura 14. Modelagem BPMN do processo de certificação do Programa RenovaBio	91
Figura 15. Modelagem BPMN e as etapas do processo de emissão de créditos de descarbonização (CBIOS).....	92
Figura 16. Matriz SWOT da implementação do Programa RenovaBio	93

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. A incorporação dos critérios ESG por investidores institucionais entre 2005 e 2022	24
Gráfico 2. Evolução da energia gerada pelos biocombustíveis líquidos no Brasil e no mundo entre 2013 e 2021 em GWh.....	36
Gráfico 3. Evolução de frota de automóveis eletrificados no Brasil (em milhares de unidades)	39
Gráfico 4. Evolução da exportação brasileira de açúcar (em bilhões de US\$).....	41
Gráfico 5. Evolução do volume exportado de açúcar (em milhões de toneladas).....	41
Gráfico 6. Evolução da produção de bioeletricidade por meio do bagaço da cana-de-açúcar (em GWh).....	43
Gráfico 7. Veículos novos licenciados no Brasil por combustível entre 1970 e 2022	44
Gráfico 8. Evolução do preço do barril de petróleo (em US\$).....	46
Gráfico 9. Projeção da demanda de etanol no Brasil.....	48
Gráfico 10. Projeção da oferta de etanol no Brasil.....	49
Gráfico 11. Evolução do número de plantas de biogás em operação no Brasil	51
Gráfico 12. Projeção da oferta de biogás no setor sucroenergético (em bilhões de NM ³).....	52
Gráfico 13. Evolução da capacidade produtiva e do consumo de biodiesel no Brasil (em bilhões de litros).....	54
Gráfico 14. Produção de biodiesel por região do Brasil em 2023	55
Gráfico 15. Evolução da oferta de diesel e biodiesel no Brasil.....	56
Gráfico 16. Evolução do Banco de Créditos da LCFS na Califórnia (em MT)	61
Gráfico 17. Evolução do uso de combustíveis de baixo carbono na Califórnia (em bilhões de GLE).....	62
Gráfico 18. Evolução das metas de descarbonização do Programa RenovaBio	82

Gráfico 19. Evolução da geração de lastro de emissão de CBIOs por biocombustível (em milhões de unidades)	83
Gráfico 20. Evolução do estoque de CBIOs no mercado em 2022 e 2023 (em milhões de unidades).	85
Gráfico 21. Evolução do preço médio do CBIO (em R\$)	85

LISTA DE SIGLAS

ABAG	Associação Brasileira do Agronegócio
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ASG	Ambiental, Social e Ambiental
BECCS	Bioenergia com Captura e Armazenamento de Carbono
BioSul	Associação do Produtores de Bioenergia de Mato Grosso do Sul
BPM	Business Process Management
BPMN	Business Process Modeling Notation
CAR	Cadastro Ambiental Rural
COSAG	Conselho Superior do Agronegócio
CBIO	Crédito de Descarbonização
CCS	Captura e Armazenamento de Carbono
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CNPEM	Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CSR	Corporate Social Responsibility
COP	Conferência das Partes
CTC	Centro de Tecnologia Canavieira
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESG	Environmental, Social and Governance
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
HEFA	Hydro-processed Esters and Fatty Acids
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SENAR	Serviço Nacional de Aprendizagem Rural
SERPRO	Serviço Federal de Processamento de Dados
SIP	Synthesized Isso-Paraffin
SIAMIG	Associação das Indústrias Sucroenergéticas de Minas Gerais
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MME	Ministério de Minas e Energia
MRE	Ministério de Relações Exteriores

ODS	Objetivo de Desenvolvimento Sustentável
ONG	Organização não governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
ORPLANA	Organização de Associações de Produtores de Cana do Brasil
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UNICA	União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
USP	Universidade de São Paulo
ZAE	Zoneamento Agroecológico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	16
1.1 Problema de Pesquisa	18
2. OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo Geral.....	18
2.2 Objetivos Específicos	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
3.1 A Sustentabilidade, Responsabilidade Social Corporativa (CSR) e o Environmental, Social and Governance (ESG).....	20
3.1.1 O Contexto da Sustentabilidade e o Surgimento da Responsabilidade Social Corporativa.....	20
3.1.2 O Environmental, Social and Governance: a importância no cenário atual.....	23
3.2 O mercado de carbono.....	29
3.3 O mercado de bioenergia.....	31
3.3.1 O cenário da bioenergia no Brasil	40
3.3.1.1 Uma visão geral sobre o setor sucroenergético	40
3.3.1.2 Histórico e perspectivas para o mercado de etanol.....	43
3.3.1.3 O potencial do mercado de biogás.....	50
3.3.1.4 O mercado de biodiesel	52
3.4 A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).....	56
3.5 O Ministério de Minas e Energia (MME).....	57
3.6 A Teoria de Externalidades e o Mercado de Combustíveis	58
3.7 As políticas de descarbonização pelo uso de biocombustíveis nos EUA, na União Europeia e no Brasil.....	60
3.7.1 O Low Carbon Fuel Standard (LCFS) no estado da Califórnia	60
3.7.2 A Renewable Energy Directive (RED) na União Europeia	62
3.7.3 A Política Nacional de Biocombustíveis no Brasil: o Programa RenovaBio	63

4. METODOLOGIA	67
4.1 Métodos e Técnicas	67
4.2 Tipo de Pesquisa.....	67
4.3 As etapas da pesquisa	68
4.3.1 Pesquisa bibliográfica ou desk research e a análise documental	68
4.3.2 Estudo de caso	68
4.3.3 Entrevistas com especialistas envolvidos no setor de bioenergia	71
5. RESULTADOS.....	74
5.1 O RenovaBio.....	74
5.1.1 Visão geral.....	74
5.1.2 O mecanismo de funcionamento	74
5.1.3 O histórico e a evolução recente do RenovaBio	80
5.1.4 A implantação do RenovaBio sob a visão empresarial: estudo de caso do grupo Viralcool.....	87
5.1.4.1 Características da empresa.....	87
5.1.4.2 A obtenção da certificação	87
5.1.4.3 A emissão de CBIOs.....	88
5.1.4.4 A implantação do RenovaBio em da empresa sob a visão da gestão focada em processos (BPM).....	90
5.1.4.5 A Modelagem BPMN	90
5.2 Os principais tópicos relacionados à criação e ao desenvolvimento do RenovaBio.....	93
5.3 Os aprimoramentos necessários para a política.....	97
5.4 As ações e os instrumentos necessários para o aprimoramento do RenovaBio	100
6. DISCUSSÕES	103
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
REFERÊNCIAS.....	110
APÊNDICE A – Entrevista 1.....	132
APÊNDICE B – Entrevista 2.....	133

APÊNDICE C – Entrevista 3.....	134
APÊNDICE D – Entrevista 4.....	136
APÊNDICE E – Entrevista 5.....	138
APÊNDICE F – Entrevista 6	143
APÊNDICE G – Entrevista 7	147
APÊNDICE H – Entrevista 8	148
APÊNDICE I – Entrevista 9.....	151
APÊNDICE J – Entrevista 10.....	153
APÊNDICE K – Entrevista 11	154
APÊNDICE L – Entrevista 12.....	156
APÊNDICE M – Entrevista 13.....	157
APÊNDICE N – Entrevista 14.....	158
APÊNDICE O – Entrevista 15	159

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos, tem sido crescente a preocupação das empresas em relação à implementação de práticas de governança que promovam a sustentabilidade e minimizem impactos negativos das suas atividades na sociedade e no meio ambiente. O impacto das questões ESG (Environmental, Social and Governance) nas companhias tem se tornado um tema cada vez mais discutido, sendo que, atualmente, a grande maioria das maiores empresas globais já divulgam dados a respeito da sustentabilidade nos seus relatórios financeiros. (AGUILERA-CARACUEL, 2019; DUQUE-GRISALES; SRIDHARAN, 2018; FATEMI; GLAUM; KAISER, 2017).

Estudos mostram que há relação positiva entre as pontuações ESG das empresas do agronegócio e os seus indicadores financeiros. A cada dia o setor tem investido mais em tecnologias voltadas à agricultura de baixo carbono e incorporado na sua governança a preocupação em relação às questões climáticas. As companhias produtoras de energia renovável têm apresentado resultados positivos ao aumentar o seu desempenho ESG e divulgar as suas políticas de baixo carbono. Recentemente, várias destas começaram a participar do mercado de carbono e vem mostrando esta estratégia como positiva no que diz respeito a elevação do seu desempenho ESG e do seu crescimento econômico (BRICE et al., 2022; CONCA et al., 2021; VAN VEELLEN, 2021; WANG, 2023; ZHANG; ZHANG; SUN, 2023).

O Brasil é um dos países com maior capacidade de geração de créditos de carbono, tendo aproximadamente 15% do potencial global de captura de carbono por meios naturais e apenas 1% da capacidade do seu mercado de carbono explorada atualmente. Neste contexto, sabe-se que os produtores de bioenergia estão entre as principais empresas capazes de gerar recursos por meio da comercialização de créditos de carbono, já que possuem um grande potencial de compensação a ser ainda explorado (AHAMDI; KANNANGARA; BESEBAA, 2020; MCKINSEY, 2022; NEVES et al., 2023).

O crescimento da bioenergia no cenário mundial, tem sido considerado uma prioridade como estratégia de descarbonização para o atingimento das metas propostas no Acordo de Paris devido ao seu impacto positivo no que diz respeito à substituição da energia de origem fóssil no cenário atual de crescente demanda por recursos energéticos. Definida como a energia renovável derivada da biomassa ou recurso energético derivado da matéria orgânica, a bioenergia tem sido cada vez mais utilizada na Europa e em economias

emergentes como a Índia e a China, gerando diversos benefícios ambientais e auxiliando no atingimento de diversos dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) propostos na Agenda 2030. (DAHIYA, 2014; DONG; HE, 2023; IEA, 2022; MARTINELLI et al. 2022; NAKAMYA, 2022; PROSKURINA e MENDOZA-MARTINEZ, 2023; WILLIAMS; DAHIYA; PORTER, 2020).

Atualmente há políticas envolvendo os biocombustíveis em países de todos os continentes, principalmente propondo a sua mistura nos combustíveis fósseis (EPE, 2023a; UDOP, 2023a; USDA, 2023b). Estudos mostram que o uso dos biocombustíveis em conjunto à eletrificação é a estratégia mais eficiente para a transição energética e a redução das emissões de carbono na atmosfera (GAUTO et al., 2023).

Desta forma, diversos países da União Europeia, os Estados Unidos, o Canadá e o Brasil vêm propondo políticas de descarbonização pelo uso de biocombustíveis (EBADIAN et al., 2020; EBADIAN; SADDLER, 2023; MANDEGARI; MARTINELLI et al., 2022). Em dezembro de 2017, instituiu-se no Brasil a Política Nacional de Biocombustíveis, o Programa RenovaBio, com o objetivo de se reduzir as emissões de carbono em 37% até 2025 e em 43% até 2030 em comparação aos níveis de emissões que eram apresentados no ano de 2005, já que a maior parte das emissões geradas pela matriz energética brasileira ocorre no setor de transportes (GRASSI; PEREIRA, 2019).

Em pleno funcionamento desde o ano de 2020, o RenovaBio, é uma política federal voltada para o setor de biocombustíveis, com o objetivo de promover a sua expansão e participação na matriz energética brasileira, gerando assim diminuição nas emissões de carbono para que sejam cumpridas as metas estabelecidas pelo Acordo de Paris (ANP, 2017; GRANGEIA; SANTOS; LAZARO, 2022). Como instrumentos a política utiliza-se do estabelecimento de metas nacionais de emissões no setor de transportes e a certificação da produção de biocombustíveis que dá direito aos produtores emitirem e venderem créditos de descarbonização (CBIOS) de acordo com a sua eficiência energético-ambiental, a qual envolve diversos critérios de sustentabilidade e o quanto o uso do biocombustível produzido faz com que se deixe de emitir carbono na atmosfera quando comparado ao seu substituto de origem fóssil (ANP; s.d.c; GRASSI; PEREIRA, 2019).

Como uma política implementação recente e que ocorreu em um período relativamente conturbado devido à pandemia de COVID-19, o RenovaBio passou por vários momentos de volatilidade nos últimos anos. Sabe-se que o programa ainda precisa de

diversos aprimoramentos técnicos, institucionais e regulatórios que garantam o seu funcionamento adequado (CHERUBIN et al., 2021; COMINETI; PRETEL; SCHLIDWEIN, 2023; DESSI et al., 2022; GRANGEIA; SANTOS; LAZARO, 2022; LAZARO; GIATTI, 2021).

A relevância da presente pesquisa se dá em apresentar de forma detalhada a política do RenovaBio, o seu histórico e o contexto recente e perspectivas para o seu mercado alvo. Além disso, propõe-se neste trabalho contribuir com a fronteira do conhecimento no que diz respeito à proposição de melhorias para o RenovaBio e de como implementá-las de acordo não somente com a literatura já publicada, mas também com base na opinião de agentes relevantes envolvidos no setor de bioenergia, os quais representam instituições de âmbito público e privado.

1.1 Problema de Pesquisa

Dado o que foi explicitado nos tópicos anteriores, a respeito da motivação do presente trabalho, espera-se que este estudo acadêmico seja capaz de responder a seguinte questão: “Com base no cenário atual, quais melhorias ainda são necessárias para a política do RenovaBio e como implementá-las?”

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Criado em 2017, desde meados de 2020 o RenovaBio já vem sido efetivamente implantado em um grande número de empresas produtoras de biocombustíveis. A política, portanto, após três anos de implementação já afeta no presente momento os agentes sobre os quais atua e é um dos principais fatores relacionados ao desenvolvimento do mercado de bioenergia no Brasil.

Desta forma, objetivo geral do presente estudo é analisar o Programa RenovaBio e por meio da visão empírica de especialistas envolvidos no setor de bioenergia, propor melhorias para a política, sugerir ajustes futuros e possíveis ações que podem ser realizadas para implementá-los. Espera-se que essas melhorias sejam relevantes para o funcionamento do programa e para que haja um melhor alinhamento ao cenário atual do setor e as suas perspectivas futuras.

2.2 Objetivos Específicos

Como apoio ao objetivo gerais da pesquisa foram propostos três objetivos específicos, os quais estão listados a seguir:

- Compreender o cenário atual do mercado de bioenergia e as principais variáveis relacionadas a este;
- Descrever o RenovaBio de forma completa e clara, a fim de contribuir para a melhor compreensão do programa por parte de possíveis empresas que tenham interesse em implantá-lo;
- Levantar possíveis mudanças e ajustes que devem ocorrer no RenovaBio.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A Sustentabilidade, Responsabilidade Social Corporativa (CSR) e o Environmental, Social and Governance (ESG)

3.1.1 O Contexto da Sustentabilidade e o Surgimento da Responsabilidade Social Corporativa

Com o advento da segunda Revolução Industrial e o expressivo aumento da produção mundial, surge a motivação para o debate relacionado à responsabilidade social. No início do século XX, Weber (1922) e Clark (1939), já falavam sobre a necessidade dos empresários se prepararem para um novo cenário onde seria necessário se realizar a gestão das empresas de forma responsável e competitiva economicamente.

Na década de 50 discute-se na academia a relação entre os mercados e as questões sociais e surge o primeiro trabalho que define formalmente o conceito de responsabilidade social como “o conjunto de obrigações morais e pessoais que o empregador deve seguir, considerando o exercício de políticas, decisões ou cursos de ação em termos de objetivos e valores desejados pela sociedade” (BOWEN, 1953). Nesta mesma década, discorre-se a respeito da necessidade de se considerar a opinião pública no processo de tomada de decisão de qualquer organização independentemente de seu porte ou setor (DRUCKER, 1954).

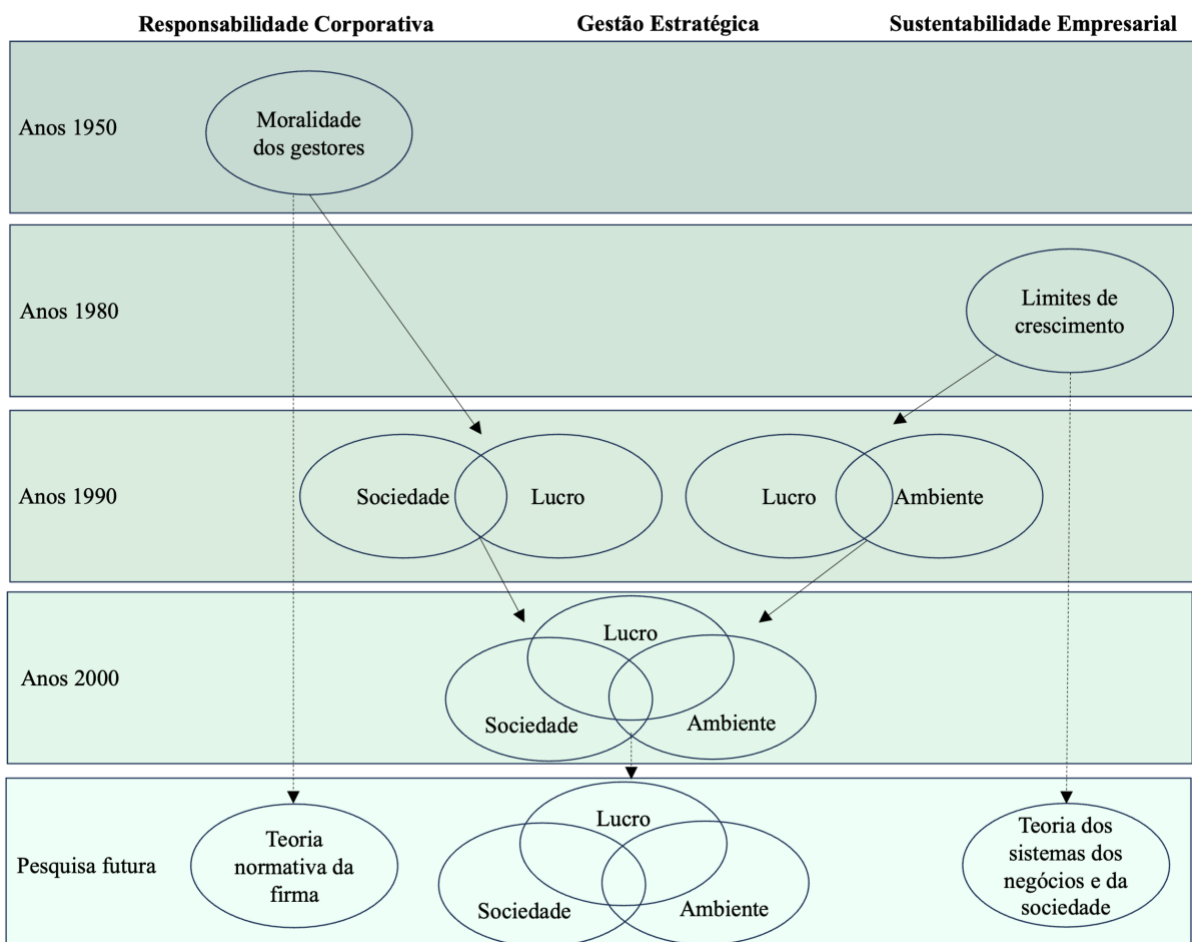
Nas décadas seguintes, Davis (1960) contribui para o conceito de responsabilidade social com a ideia de que dependendo do número de agentes afetados pelas ações organizacionais, é necessário que se tenha seu apoio para permanecer no mercado. Já Friedman (1970), alguns anos depois, reflete a respeito da existência de alguma função social para as empresas ou se estas deveriam ser apenas agentes econômicos maximizadores de lucro.

A partir dos conceitos relacionados à economia do bem-estar, à responsabilidade moral das empresas com a sociedade e à necessidade de ações corporativas adequadas a esse contexto surge a ideia de responsabilidade corporativa (BANSAL; SONG, 2017). Na década de 80, se fortalecem grupos sociais defensores do desenvolvimento sustentável, ou seja, do desenvolvimento econômico que se utiliza de forma consciente dos recursos naturais que são por sua vez escassos e esgotáveis. Surge nesse contexto, a fundamentação da teoria dos *stakeholders* (Freeman, 1984) a respeito de se internalizar as pressões ambientais ao comportamento das empresas e o argumento de que, o excesso produtivo e o consumo

humano exacerbado eram responsáveis por gerar desequilíbrios ambientais que certamente culminariam em um arruinamento dos sistemas econômicos e de negócios em algum momento do futuro (BANSAL; SONG, 2017).

Entre o final da década de 1990 e o início do século XXI, há uma convergência entre os conceitos explicitados anteriormente que surgiram separadamente nas décadas de 50, 60, 70 e 80. A figura a seguir representa tal convergência, a evolução do pensamento relacionado à sustentabilidade e do conceito de responsabilidade social corporativa (CSR):

Figura 1. A evolução da responsabilidade corporativa e da sustentabilidade



Fonte: elaborado com base em Bansal e Song (2017).

Dado o cenário atual e o fortalecimento da CSR é necessário que as empresas desenvolvam estratégias para que tenham um modelo competitivo de gestão que vise não somente o lucro no curto prazo, mas que seja também capaz de se adequar às expectativas sociais e das diferentes partes interessadas envolvidas no longo prazo, já que sociedade e

negócios estão entrelaçados (MARTÍNEZ; FERNÁNDEZ; FERNÁNDEZ, 2016). Segundo os fundamentos da teoria institucional e a perspectiva dos *stakeholders* entende-se que as empresas necessitam do apoio social e dos diversos *stakeholders* envolvidos na sua atividade para garantir sua sobrevivência, de forma que elas devem adaptar as suas ações de para se comprometer com tais partes (CRILLY; SLOAN, 2012; IOANNOU; SERAFEIM, 2015).

Apesar de diversos autores afirmarem que há um bom custo-benefício financeiro em relação a CSR para as empresas, há estudos que mostram que isso pode não ocorrer de fato. Companhias que assumem práticas CSR ao mercado, podem sofrer com custos de reação de *stakeholders* que a partir de tal informação fazem inferências negativas a respeito do “caráter comercial” de tais empresas questionando-se a respeito de o quão importante é realmente para as companhias maximizar o valor para o acionista (DESJARDINE; MARTI; DURAND, 2020, p. 30). Desta forma, apesar das atividades de CSR colaborarem para uma imagem junto ao mercado de que as empresas com estas práticas possuem um bom “caráter moral”, gerando assim benefícios financeiros a tais empresas, o custo gerado pode ser ainda maior devido a heterogeneidade dos *stakeholders* presentes no mercado (DESJARDINE; MARTI; DURAND, 2020, p. 31).

Diversos estudiosos, destacam a relevância da CSR como uma importante ferramenta de gestão estratégica no que se refere ao capital humano das empresas. Sugere-se que funcionários de companhias que possuem atividades CSR exercem suas atividades mais motivados, sendo também propensos a permanecer em tais companhias por períodos mais longos (BURBANO; MARNER; SNYDER, 2018). Além disso, as práticas CSR fazem com que os trabalhadores com conhecimentos valiosos que migram para empresas rivais carregando o *know-how* da empresa consigo tenham menor propensão de divulgar o conhecimento valioso para seu novo empregador. Desta forma, há uma menor probabilidade de transbordamento de conhecimento para o caso de empresas que adotam práticas CSR, evitando-se que haja uma perda de sua vantagem competitiva, apropriação de conhecimento e imitação por partes das companhias rivais (FLAMMER; KACPERCZYK, 2017).

A responsabilidade social corporativa (CSR) tem adquirido cada vez mais relevância tanto na academia quanto na gestão das empresas nos últimos anos. As companhias têm sofrido cada vez mais pressão para que maximizem sua produtividade e seu lucro de forma que ao mesmo tempo sejam capazes de atender às demandas dos mais diversos *stakeholders*

(consumidores, fornecedores, funcionários, investidores, organizações não governamentais (ONGs), poder público etc.) em relação ao desenvolvimento e implementação de práticas CSR (DUQUE-GRISALES; AGUILERA-CARACUEL, 2019).

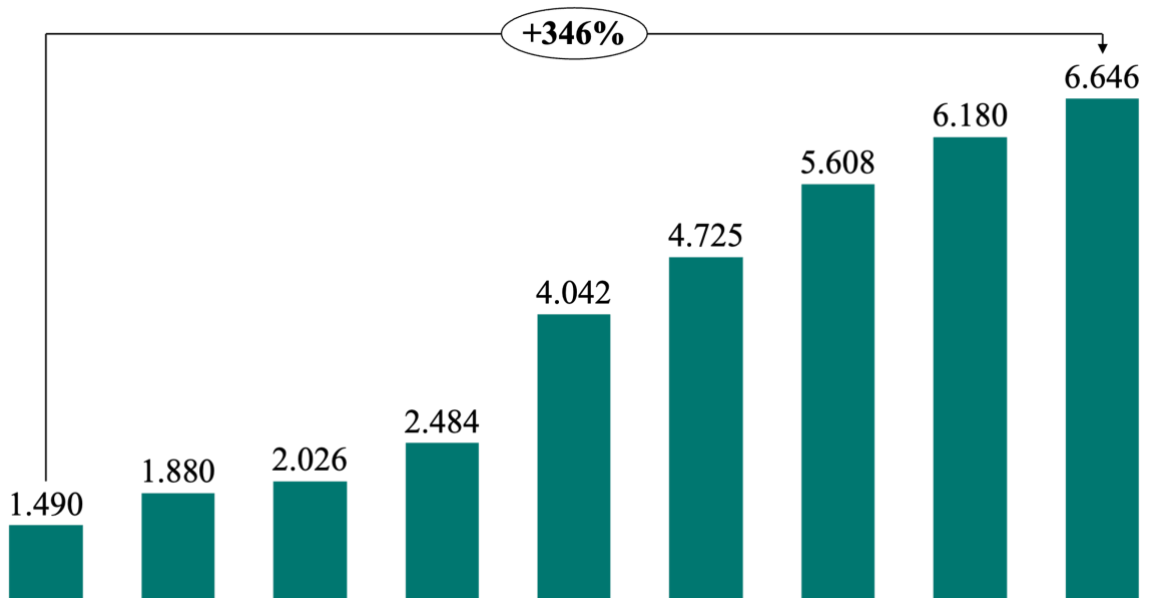
Diante de tal cenário, tem havido por parte das empresas uma forte preocupação em relação ao impacto de suas atividades nos quesitos ambientais e sociais. Busca-se atualmente cada vez mais a implementação de boas práticas de governança corporativa e um bom relacionamento com a sociedade e o meio ambiente. Baseado nessa necessidade, surge um importante pilar para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis e a CSR, o Environmental, Social and Governance (ESG), em tradução livre Ambiental, Social e Ambiental (ASG), e seus critérios (DUQUE-GRISALES; AGUILERA-CARACUEL, 2019).

3.1.2 O Environmental, Social and Governance: a importância no cenário atual

No ano de 2004 aparece pela primeira vez o termo ESG (Environmental, Social and Governance), no relatório da Organização das Nações Unidas (ONU), “Who Cares Wins: Connecting Financial Markets to a Changing World”. Em tal relatório, o ex-secretário geral da ONU, convidava as instituições financeiras para a realização de uma iniciativa conjunta em prol do desenvolvimento de novas diretrizes de recomendação a respeito de como englobar as questões ambientais, sociais e de governança à gestão de ativos, serviços de corretagem e funções de pesquisas associadas (ECCLES; LEE; STROEHLE, 2020).

A versão final deste relatório, foi endossada por um grupo de 20 grandes instituições financeiras. Desde então o número de fundos de investimento que incorporam os dados ESG vêm crescendo exponencialmente no cenário internacional, assim como os investidores que os consideram no momento da tomada de decisão de alocação dos seus recursos (US SIF FOUNDATION, 2022). O gráfico abaixo mostra a evolução de 2005 até o ano de 2022 do total em dólares de recursos alocados por investidores que incorporam o ESG na sua tomada de decisão nos Estados Unidos:

Gráfico 1. A incorporação dos critérios ESG por investidores institucionais entre 2005 e 2022



Fonte: elaborado com base em US SIF Foundation (2022)

O impacto de fatores ESG, sobre as finanças e o valor das empresas é um tema que vem sendo amplamente discutido. Ainda assim, não é possível chegar a conclusões definitivas, dado que existem tanto trabalhos com resultados favoráveis como desfavoráveis às práticas ESG (FATEMI; GLAUM; KAISER, 2017).

Os primeiros trabalhos publicados a respeito do tema, mostram que, investimentos em questões ambientais ou ações de responsabilidade social que excedam o que é exigido legalmente, gerariam custos desnecessários às empresas, afetando negativamente suas finanças de forma a conseqüentemente diminuir o valor destas. Em contrapartida, há trabalhos mais recentes e novas contribuições para a teoria da firma, que entendem que as atividades ESG potencialmente contribuem para o aumento do valor da firma, já que melhoram sua reputação e relação com os *stakeholders*. Por meio de uma visão baseada em recursos, é possível argumentar ainda, que atividades de motivações ambientais ou sociais, podem atrair empregados mais qualificados e melhorar as habilidades gerenciais das equipes (FATEMI; GLAUM; KAISER, 2017).

Nota-se que a preocupação com questões ESG é crescente. Atualmente, pelo menos 78% das 250 maiores empresas do mundo já fazem divulgações sobre sustentabilidade em seus relatórios financeiros anuais (SRIDHARAN, 2018). Um estudo realizado pela KPMG,

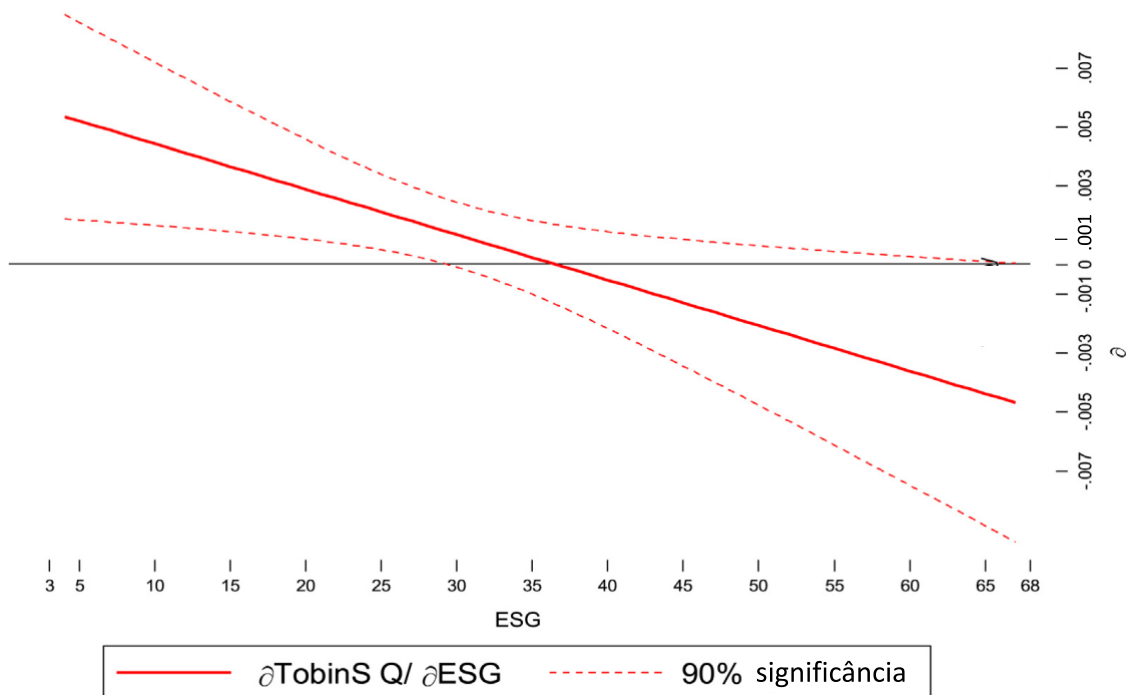
mostra que enquanto no ano de 1996, havia apenas 300 empresas ao redor do mundo apresentavam relatórios de responsabilidade social corporativa, segundo Khan, Serafeim e Yoon, no ano de 2014 esse número já havia crescido para mais de 7.000 (FATEMI; GLAUM; KAISER, 2017).

Há, porém, questões metodológicas e relacionadas até mesmo ao próprio conceito de ESG, que fazem com que existam preocupações sobre a validade dos dados divulgados e até mesmo sobre quais as melhores fontes para obtenção de tais dados (ECCLES; STROEHLE, 2018). Os estudos mostram que existe heterogeneidade nos relatórios divulgados pelas firmas, tanto em relação à extensão como na qualidade ESG. Dependendo das características das divulgações, tais relatórios podem gerar diferentes efeitos nas empresas (FATEMI; GLAUM; KAISER, 2017).

Empresas com ESG fortes, geram um aumento de valor para tais firmas, enquanto preocupações com relação a questões ESG geram perda de valor para as empresas. Fortes qualidades de cunho ambiental afetam positivamente o valor das empresas, assim como fraquezas nesse quesito geram perda de valor. Percebe-se ainda que, fraquezas relacionadas a questões sociais e de governança geram perda de valor para as firmas e que o impacto negativo de preocupações relacionadas à governança é mais intenso do que com relação às questões sociais e ambientais (FATEMI; GLAUM; KAISER, 2017).

Analisando-se o mercado bancário de economias emergentes, também se conclui que há impacto positivo de atividades ESG no valor das empresas analisadas. Neste setor mostram-se mais relevantes ações voltadas às questões ambientais e redução nas emissões de carbono. Nota-se que tais atividades possuem retornos de escala decrescentes, ou seja, tais atividades em grandes quantidades geram pouco impacto para as empresas estudadas. Verifica-se ainda, que as atividades ESG não afetam significativamente o custo da dívida das companhias que participaram do estudo (AZMI et al., 2020).

Ao analisar o custo do patrimônio líquido, percebe-se que para este caso, há uma relação negativa com as atividades ESG. Tal comportamento é mostrado pelos autores (Azmi et al., 2020) na figura a seguir que analisa o Q de Tobin das empresas e as atividades ESG:

Figura 2. O efeito marginal do ESG no Q de Tobin

Fonte: elaborado com base em Azmi et al. (2020)

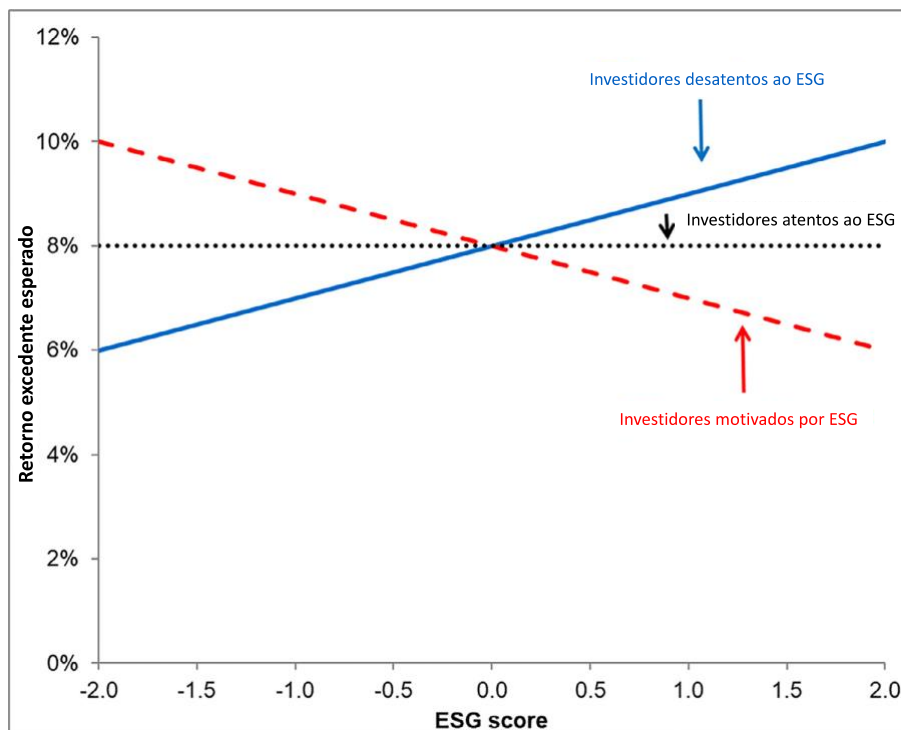
O efeito positivo da obtenção de certificações ESG no valor das empresas mostra-se como mais um argumento favorável no que diz respeito à importância do ESG nas companhias. Há estudos que mostram que empresas com tais certificações têm seu custo de capital reduzido e um aumento no seu Q de Tobin. Observando-se uma amostra de empresas que receberam classificações Bloomberg ESG entre o período de 2005 a 2018, foi possível perceber que havia uma redução, em média, de 1,2% no custo do capital e um aumento de 31,9% no Q de Tobin após o recebimento da classificação ESG pelas companhias (WONG et al., 2020).

Há evidências de que se pode associar o risco sistemático das empresas ao seu desempenho ESG e que tal associação pode ser descrita como uma curva em forma de U invertido (GARCIA; MENDES-DA-SILVA; ORSATO, 2017). Estudos mostram ainda que o desempenho ESG se relaciona positivamente aos retornos cumulativos de curto prazo de ações do mercado chinês, o primeiro país a ser afetado pelo vírus COVID-19 causador da crise sanitária mundial que afetou todos os mercados mundiais (BROADSTOCK et al., 2021).

Percebe-se que as ações com alto desempenho ESG possuem maior resiliência em relação às demais ações do mercado. É possível que tal comportamento ocorra devido à interpretação do mercado de que tais empresas terão um bom desempenho futuro e de que há uma mitigação do risco gerado durante a crise (BROADSTOCK et al., 2021).

A fim de conciliar tanto as teorias que apresentam argumentos a favor quanto contra investimentos ESG, foi proposta uma teoria em que a pontuação ESG possui duas funções: (1) fornecer informações sobre os fundamentos das empresas e (2) afetar as preferências dos investidores. Por meio da teoria, demonstra-se a existência de uma carteira ESG eficiente, a qual apresenta maior índice Sharpe para cada nível ESG. Os preços de equilíbrio dos ativos, determinados por um modelo de precificação de ativos de capital, mostram impacto do ESG no retorno exigido. Desta forma é possível analisar a fronteira empírica ESG eficiente e os custos e benefícios destes investimentos (PEDERSEN; FITZGIBBONS; POMORSKI, 2020). Por meio da Figura 3 é possível entender tal raciocínio:

Figura 3. Modelo de precificação de ativos de capital com ajuste (ESG)



Fonte: elaborado com base em Pedersen, Fitzgibbons e Pomorski (2020)

A figura mostra por meio da curva azul, que quando há muitos investidores que não tem conhecimentos das pontuações ESG, o alto ESG gera altos lucros futuros, ou seja, ações

com alto ESG oferecem altos retornos esperados. Tal fato decorre de que nessa situação há uma baixa demanda pelas ações fazendo com que estas tenham seus preços reduzidos apesar de serem lucrativas. O raciocínio inverso vale para a curva vermelha, o excesso de demanda por ações com altas pontuações ESG devido a uma grande quantidade de investidores motivados por critérios ESG, gera um aumento dos preços e uma diminuição do retorno esperado, já que tais investidores aceitam menores lucros para terem ações com altas pontuações. Já quando há muitos investidores atentos ao ESG (porém não preferem tais ativos em relação a todos os outros), representados pela curva pontilhada, estes fazem com que os preços das ações reflitam seus retornos esperados (PEDERSEN; FITZGIBBONS; POMORSKI, 2020).

Estudos destacam ainda, a relevância de ativos de empresas ESG para estratégias de investimento, até mesmo para quando não há um interesse específico pelas questões de sustentabilidade. Ao se realizar a triagem de algumas ações ESG para compor carteiras de investimento, é possível melhorar a relação risco-retorno ao utilizar tais ativos. A triagem ESG é capaz de melhorar em cerca de 0,16% o desempenho anual médio das carteiras, assim como é útil para diminuir a existência de retornos diários altamente negativos (VERHEYDEN; ECCLES; FEYNER, 2016).

Ressalta-se ainda, que durante a pandemia de COVID-19, houve um impacto positivo em relação à conscientização a respeito das questões ESG, o que impulsiona a um novo modelo econômico pós-pandêmico, de forma que novas oportunidades de negócio devem surgir com uma economia mais sustentável. É crucial que sejam consideradas as questões ESG pelos investidores e fundos de investimento dada a nova tendência regulatória mundial (FOLQUÉ; ESCRIG-OLMEDO; SANTAMARIA, 2021). É necessário que o ESG seja incorporado às decisões de investimento já que ele explica significativamente os retornos de diversos setores durante o período pandêmico (DÍAZ; IBRUSHI; ZHAO, 2021).

Mais especificamente no que diz respeito ao setor do agronegócio, estudos apresentam que há relação positiva entre a pontuação ESG e os indicadores financeiros das empresas. Mostra-se que o compromisso com as questões ESG pode estar relacionado à melhores rentabilidades nos negócios e aos seus valores de mercado (CONCA et al., 2021).

É crescente a incorporação na governança das empresas do setor a preocupação em relação às mudanças climáticas e a diminuição das emissões de GEE. Investimentos expressivos vêm ocorrendo para a implementação da agricultura de baixo carbono. Sabe-se

ainda, que há uma correlação positiva entre o desempenho ESG de empresas de energia renovável e a divulgação de políticas de baixo carbono. De forma geral, empresas que implementam a sua participação no mercado de carbono tem efeito positivo no seu desempenho ESG, mostrando-se relevante para o seu crescimento econômico a implementação deste tipo de política que utiliza o comércio de carbono com uma de suas ferramentas (BRICE et al., 2022; VAN VEELLEN, 2021; WANG, 2023; ZHANG; ZHANG; SUN, 2023).

3.2 O mercado de carbono

O mercado de carbono surgiu na década de 1990 ganhando força principalmente com a implementação do Protocolo de Kyoto em 1997, o qual determinou na época, metas de redução de emissões de GEE para 38 nações industrializadas e economias em transição por meio do estabelecimento de licenças de emissões a cada uma destas. Os países poderiam ainda utilizar como instrumento para atingir as suas metas, a comercialização internacional de emissões, havendo a possibilidade de se negociar créditos de carbono originários de projetos voltados à redução das emissões (SHISHLOV; MOREL; BELLASSEN, 2016).

Desde então, os mercados de carbono cresceram ainda mais do que o esperado inicialmente, ganhando grande força no setor privado entre os anos de 2005 e 2011 e alta demanda por parte dos países da União Europeia. Com o fim do Protocolo de Kyoto em 2012 e o atingimento dos limites de compensação por meio dos créditos de carbono, a demanda pelos ativos sofreu uma considerável queda, havendo um período de incerteza a respeito do futuro dos mercados internacionais de carbono que durou alguns anos (MICHAELOWA; SHISHLOV; BRESCIA, 2019).

Com a adoção do Acordo de Paris em 2015 e o estabelecimento de metas ambiciosas de mitigação de emissões a fim de limitar o aumento da temperatura global em no máximo 2,0°C, vem sendo criada uma nova geração de mercados nacionais e internacionais de carbono ainda mais complexa e madura devido aos diversos aprendizados que se baseiam na fase inicial do desenvolvimento destes mercados e com novas metas que envolvem a participação global e não somente alguns países como no Protocolo de Kyoto. No livro de regras do Acordo de Paris foram estabelecidas as normas para a contabilidade de carbono de ajuste correspondente, as quais tem como um dos seus principais objetivos evitar que haja dupla contagem nas compensações de emissões de carbonos transferidas internacionalmente, promovendo o bom funcionamento dos instrumentos previstos no artigo 6 do acordo (que trata a respeito das

transferências de mitigações entre os países participantes) e a maior transparência neste mercado que é reconhecido como essencial para o atingimento dos objetivos propostos no acordo (MICHAELOWA; SHISHLOV; BRESCIA, 2019; SPILKER; NUGENT; 2022; ZWICK, 2021). O ecossistema do mercado de carbono voluntário do qual participam organizações públicas e privadas, vem desenvolvendo padrões que tem papel fundamental em garantir que não haja a possibilidade de mais de um agente reivindicar os resultados de carbono representados por cada certificado (crédito negociado no mercado). (BOSE et al., 2021; NUGENT; 2022).

A negociação de emissões tem como benefício não só a diminuição dos custos inerentes à descarbonização, mas também a possibilidade de se estabelecer metas mais ambiciosas de mitigação ao longo do tempo. Sabe-se que em sinergia com outros instrumentos promotores da redução de emissões de carbono como o mecanismo de REDD+ (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal), o comércio internacional de emissões oferece a possibilidade de os países dobrarem as ambições climáticas sem aumentarem os seus custos agregados. Estima-se que em comparação com o ano de 2022 a demanda global por créditos de carbono pode aumentar em até 15 vezes até o ano de 2030 e em 100 vezes até 2050, chegando a representar mais de US\$ 50 bilhões em 2030. (BHATTARAI et al., 2023; MCKINSEY, 2022; PIRIS-CABEZAS; LUBOWSKI; LESLIE, 2023).

O Brasil é um dos maiores países em capacidade de geração de créditos de carbono, sendo que aproximadamente 15% do potencial mundial de captura de carbono por meios naturais está no seu território. Com apenas 1% da sua capacidade explorada atualmente, o mercado de carbono brasileiro foi regulamentado somente no ano de 2022, o qual pode atingir por meio do mercado voluntário US\$ 200 milhões em negociações considerando-se apenas os compromissos já anunciados pelas empresas do país, as quais devem gerar a demanda de mais de 7 milhões de toneladas CO₂ equivalente. Se forem considerados, porém, novos compromissos que devem ser anunciados ao longo dos próximos anos as negociações podem chegar a representar de US\$ 1,5 a US\$ 6 bilhões, com uma demanda total entre 90 e 200 milhões de toneladas de CO₂ equivalente. Estudos mostram que devido ao seu potencial de compensação, os produtores de bioenergia estão entre os participantes deste mercado com grande capacidade de gerar recursos por meio da comercialização dos seus créditos de carbono (AHAMDI; KANNANGARA; BESEBAA, 2020; MCKINSEY, 2022; NEVES et al., 2023).

3.3 O mercado de bioenergia

O crescimento da participação da bioenergia na matriz energética mundial tem sido priorizado de forma estratégica no cenário internacional e em diversos tratados como o Acordo de Paris como uma importante ação promotora da descarbonização devido ao seu potencial em atender à crescente demanda energética global e substituir a energia de origem fóssil que já tem previsão de ser abandonada nos próximos anos de acordo com as discussões da COP 28, a qual em 2023 já sinalizou de forma expressa o início do fim da era dos combustíveis fósseis (DONG; HE, 2023; UNFCC, 2023). Podendo ser definido como a energia renovável derivada da biomassa ou recurso energético derivado da matéria orgânica, o conceito de bioenergia envolve a produção de energia térmica, elétrica e de combustíveis líquidos e gasosos como o etanol e o biogás. (DAHIYA, 2014; WILLIAMS; DAHIYA; PORTER, 2020).

O uso da bioenergia cresceu acentuadamente entre diversos países da Europa de 2013 a 2020, como na Polônia, Holanda, Dinamarca e Suécia, sendo que neste último, esta representou mais de 25% do consumo interno bruto de energia ao final do período (PROSKURINA e MENDOZA-MARTINEZ, 2023). Sabe-se que em 2020 a bioenergia correspondia a aproximadamente 10% da oferta de energia primária da matriz energética mundial, sendo aceito atualmente que a sua produção pode aumentar nos próximos anos, ainda que seja incerto o quanto, já que esta evolução depende de fatores tecnológicos, econômicos, espaciais e ambientais (ERRERA et al., 2023).

Estudos mostram que, até 2050, no melhor dos cenários, considerando-se condições ideais relacionadas à produtividade, ao uso da terra, degradação do solo, desperdício de alimentos e mesmo mudanças nos hábitos alimentares, as quais garantam níveis para a produção de bioenergia dentro dos níveis de segurança alimentar, esta fonte pode atingir a capacidade de ofertar mais que a demanda global de energia, a qual até 2030 deve crescer especialmente em países em desenvolvimento e economias emergentes como a Índia e a China a uma taxa anual de até 1,4%, sendo que somente a demanda por eletricidade deve aumentar em mais de 20% até o início da próxima década considerando-se a manutenção do cenário atual (DIAS et al., 2021; ERRERA et al., 2023; IEA, 2022; NAKADA; SAYJIN; GIELEN, 2014).

Além disso, o cenário futuro da produção e do preço da bioenergia dependem também de políticas voltadas à proteção do meio ambiente e de mudanças societárias como

políticas que levem ao aumento da oferta e da demanda. Nesse contexto, o Brasil se mostra como uma das únicas localidades do mundo onde em 2050 este tipo de energia pode ser produzido a um preço inferior a US\$5/GJ (WU et al. 2019).

A bioenergia com captura e armazenamento de carbono (BECCS) é uma das principais abordagens tecnológicas relacionada à redução de carbono na atmosfera e ao atingimento da neutralidade líquida de emissões necessária para frear o aumento da temperatura global de 1,9^o C e a elevação no nível do mar de 3,8m que podem ocorrer até 2100 devido à emissão de CO₂ resultante da evolução da industrialização (BARAHOEI; HATAMIPOUR; AFSHARZADEH; 2020; LI et al., 2020; NANDHINI et al., 2023). Esta tecnologia que promove a integração entre a produção de bioenergia e o armazenamento geológico de carbono vem ganhando atenção pelo seu potencial de antecipar anualmente a remoção de aproximadamente um terço das emissões globais de carbono já na atmosfera, o que equivale a 13,5 Gt de CO₂ (RITCHIE; ROSER; ROSADO, 2020).

Sabe-se que no Brasil não há impedimentos técnicos para a implementação da BECCS, especialmente no mercado de etanol, e que esta depende de condições adequadas relacionadas a fatores como o transporte do CO₂ para mostrar-se economicamente viável (FAJARDY; MAC DOWELL, 2020; SILVEIRA; COSTA; SANTOS, 2023). Estudos mostram que o crescimento desta tecnologia no Brasil mostra-se mundialmente relevante para o atingimento da neutralidade de carbono, já que o país pode gerar aproximadamente 7% da capacidade global de armazenamento de carbono (SILVEIRA; COSTA; SANTOS, 2023; WEI et al., 2021).

Além das vantagens ambientais, o desenvolvimento do mercado de bioenergia e biocombustíveis gera também outros diversos benefícios sociais relacionados diretamente aos objetivos de desenvolvimento sustentável estabelecidos pela ONU (ODS) previstos na Agenda 2030 como o desenvolvimento da agricultura nacional, a diminuição da pobreza e da desigualdade com o aumento da eficiência no uso da biomassa e da inovação tecnológica (ODS 1, 8 e 9), a segurança energética (ODS 7) e a redução de poluentes na atmosfera nas áreas urbanas, do fluxo de resíduos que impactam a saúde humana e das mudanças climáticas (ODS 3, 11, 12 e 13) (MARTINELLI et al. 2022; NAKAMYA, 2022). A figura a seguir apresenta os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável, dos quais pelo menos 8 relacionam-se positivamente com os biocombustíveis de acordo com a literatura.

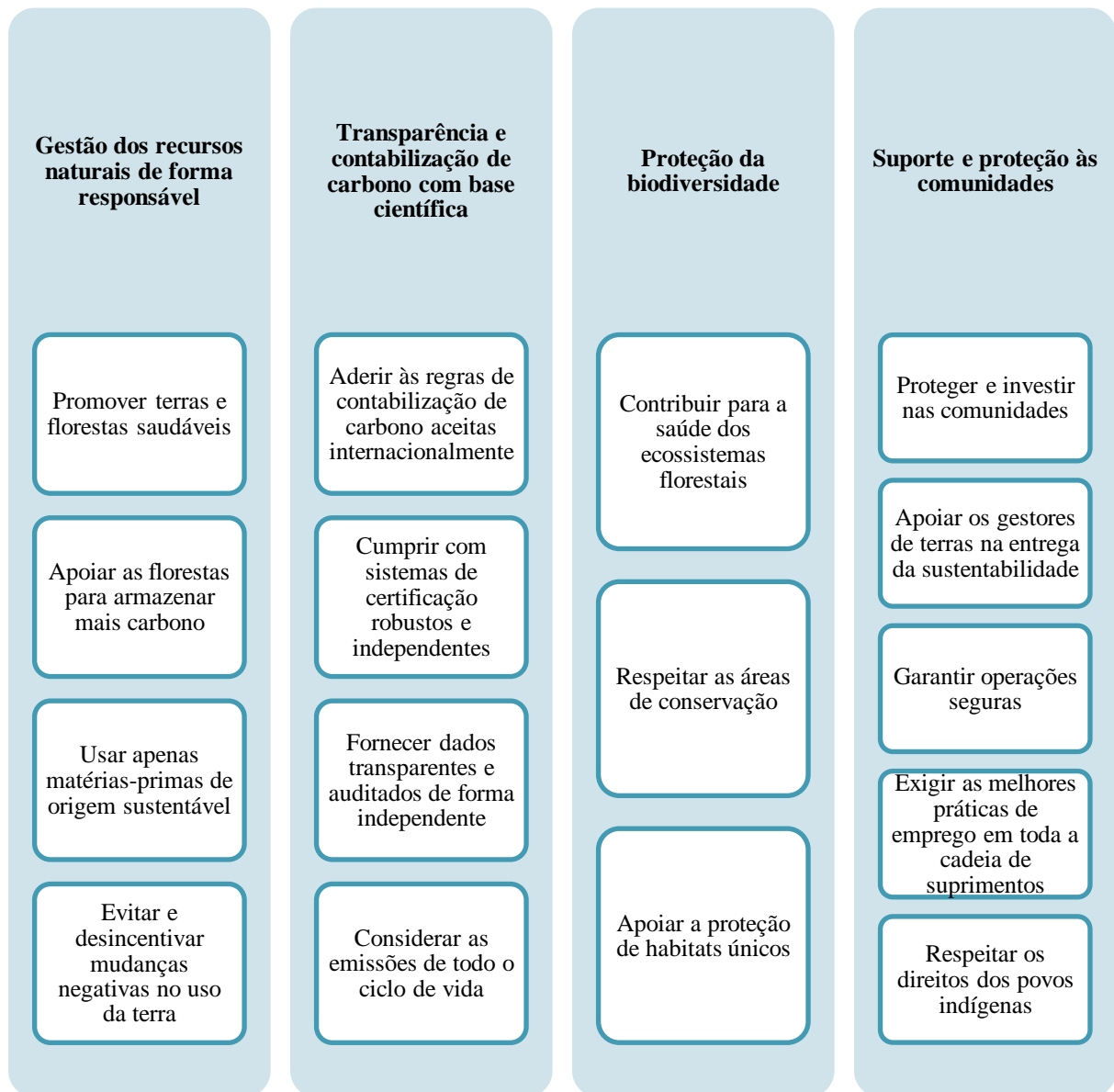
Figura 4. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU



Fonte: Organização das Nações Unidas (ONU), (2023).

Como resultado de discussões promovidas na COP 26 realizada em Glasgow pela ONU no ano de 2021, originou-se a Declaração de Glasgow sobre Bioenergia Sustentável. Neste documento foram estabelecidos 16 princípios que devem ser seguidos pelos *players* do setor a fim de promover a sustentabilidade na bioenergia, os quais são divididos em 4 categorias, sendo elas: (1) Administração dos recursos naturais de forma responsável; (2) Transparência e contabilidade de carbono com base científica; (3) Proteção da biodiversidade e (4) Suporte e proteção às comunidades (WBA, 2023). A Figura 5 apresenta todos os princípios de sustentabilidade estabelecidos e as suas categorias.

Figura 5. Princípios para sustentabilidade na bioenergia



Fonte: elaborado com base em WBA (2023).

Os agricultores estão entre os principais beneficiados pela produção de bioenergia e de biocombustíveis, já que esta promove a geração de novas oportunidades e o aumento da produção agrícola, principalmente da parte que se relaciona às culturas energéticas como cana-de-açúcar, milho e soja, as quais são utilizadas como matérias-primas na indústria (HASAN et al., 2023; SHAHID et al., 2021). Pelo fato de muitas vezes poderem ser produzidas em áreas que são inadequadas para outras culturas, a sua produção é capaz de gerar novos mercados para os agricultores, promovendo maior rentabilidade e estabilidade financeira, além de criar empregos nas áreas rurais. Estudos mostram que, considerando apenas a produção de biodiesel

nos Estados Unidos, foram gerados 65 mil empregos e um impacto econômico de US\$ 17 bilhões no ano de 2021 (HASAN et al., 2023).

Os países das Américas Central e do Sul também se destacam pela sua representatividade na produção global de biocombustíveis líquidos, sendo que 28% da produção total ocorre nessas regiões. Dados mostram que quando somados, a Argentina, o Brasil, a Colômbia e a Guatemala são responsáveis por produzir 24% do biodiesel e 29% do etanol do mundo. Com a maior parte do consumo dos produtos destinada ao mercado interno, todos estes países possuem políticas voltadas aos biocombustíveis ou mandatos implementados ou em processo de implementação que fazem com que haja um percentual obrigatório de mistura destes combustíveis renováveis aos fósseis (IEA, 2023a).

Atualmente, todos os continentes possuem mandatos de misturas de biocombustíveis ainda que haja variação em relação ao percentual de acordo com cada país ou mesmo região (EPE, 2023a; UDOP, 2023a; USDA, 2023b). O Quadro 1 apresenta com base em dados de até setembro de 2023, alguns países nos quais ocorre a mistura de biocombustíveis (considerando etanol e biodiesel) de forma obrigatória, os seus percentuais e respectivos continentes.

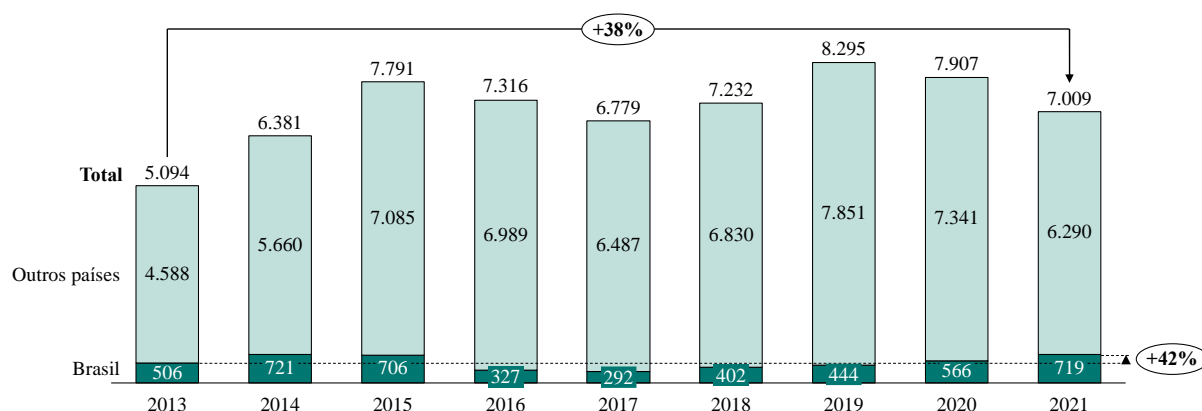
Quadro 1. Misturas de Biocombustíveis ao Redor do Mundo

Continente	País	Etanol (%)	Biodiesel (%)
África	África do Sul	2	5
Ásia	Índia	10	-
América do Norte	Estados Unidos	2 a 10	2 a 5
América do Norte	Canadá	5 a 15	2 a 5
América Central	Guatemala	10 (a partir de 2024)	-
América do Sul	Brasil	27	12
Europa	França	9,2	8,4
Oceania	Austrália (Queensland)	3	-

Fonte: elaborado com base em EPE (2023a); USDA (2023b) e UDOP (2023a).

Concomitantemente com os estabelecimentos de mandatos e políticas voltadas ao aumento da demanda por biocombustíveis em todo o mundo, dados mostram que houve uma tendência de crescimento por parte da oferta. Nos que diz respeito especificamente aos biocombustíveis líquidos, como o etanol, houve entre 2013 e 2021, um aumento nas produções brasileira e global de aproximadamente 42% e 38%, respectivamente (IRENA, 2023). O Gráfico 2 apresenta a evolução da produção energética brasileira e global por meio do uso de biocombustíveis líquidos.

Gráfico 2. Evolução da energia gerada pelos biocombustíveis líquidos no Brasil e no mundo entre 2013 e 2021 em GWh



Fonte: elaborado com base em IRENA (2023).

Além das questões relacionadas à sustentabilidade e à implementação de políticas públicas, é importante ainda tratar a respeito do desenvolvimento tecnológico e o seu possível impacto futuro no setor de bioenergia. O combustível sustentável de aviação (SAF), por exemplo, é um dos biocombustíveis que requer investimentos expressivos para a sua implementação como alternativa relacionada à diminuição da pegada de carbono (CABRERA; DE SOUSA, 2022; CHIARAMONTI, 2019).

Atualmente o setor de aviação é responsável por emitir anualmente 1 bilhão de toneladas de CO₂ na atmosfera, o que equivale 12% das emissões da matriz de transportes global, sendo ainda 99% dependente de combustíveis de origem fóssil. Com o acelerado aumento da demanda por transporte aéreo, a qual pode chegar a dobrar até 2050, o SAF, também chamado de bioquerosene de aviação (BioQav) é a solução mais bem desenvolvida até o momento para promover a mitigação das emissões no setor no médio prazo e atingir a meta estabelecida pela Associação Internacional de Transporte Aéreo (IATA) de reduzir em 50% as emissões líquidas de carbono até 2050 em comparação aos níveis referentes ao ano de 2005, devendo ser responsável por 65% da meta redução de CO₂ a ser alcançada (FIORINI et al., 2023; IATA, 2023; MILANEZ et al, 2021).

Nesse contexto, o Brasil se destaca pela grande disponibilidade de matéria-prima que pode ser direcionada para a produção desse biocombustível como os resíduos advindos da indústria de etanol. Com base em dados do ano de 2021, estima-se que o país possua capacidade de produzir aproximadamente 9 bilhões de litros de SAF com base em resíduos. Utilizando-se somente de matérias-primas como o bagaço e a palha da cana-de-açúcar seria possível produzir 6,48 bilhões de litros de bioquerosene de aviação, o que já seria superior à quantidade de vendas

totais de querosene de aviação realizadas pelas distribuidoras, que no ano de 2022 se aproximaram de 6 bilhões de litros (BRASIL, 2023a; MILANEZ et al, 2021).

Outra alternativa para o setor é a utilização de hidrogênio como combustível, porém, para que haja a sua produção sustentável e sem emissão de carbono na atmosfera, ou seja, o hidrogênio verde, é necessário que seja utilizada no seu processo produtivo energia elétrica que tenha como origem fontes renováveis como, por exemplo, a biomassa, considerando-se que o hidrogênio seja gerado a partir da eletrólise da água, a qual consiste na quebra da sua molécula em hidrogênio e oxigênio por meio da utilização de uma corrente elétrica (AFONSO et al., 2023). A produção de hidrogênio a partir do biometano ou do etanol também pode ser uma alternativa especialmente interessante, sendo que, este último, com o uso da técnica adequada, tem o potencial de ser uma matéria-prima que exige um terço da energia elétrica na sua reforma eletroquímica em relação à eletrólise da água (BNDES, 2022).

O hidrogênio verde é extremamente adaptável, podendo ser utilizado para a produção de amônia, fertilizantes e metanol, assim como na indústria de mineração, ferro, aço, cimento e outros diversos segmentos que usam energia de forma intensiva (BNDES, 2022). Ele é ainda uma possível solução a ser utilizada no setor automobilístico, já que serve como fonte de energia para os motores à combustão e para os elétricos movidos à célula de combustível (ALBATAYNEH et al., 2023).

Uma das tecnologias estudadas para implantação no Brasil é o veículo elétrico movido à célula de combustível de óxido sólido, que tem como característica a possibilidade de abastecimento com combustíveis líquidos como o etanol. Já desenvolvida como protótipo pela Nissan desde o ano de 2016, a tecnologia é capaz de transformar o etanol colocado no veículo em hidrogênio, o qual sofre uma reação química com o oxigênio gerando eletricidade para a bateria que alimenta o motor elétrico do carro. A principal vantagem desse tipo de automóvel é que ele pode ser abastecido nos postos de combustíveis convencionais sem depender do desenvolvimento de uma nova estrutura de abastecimento para carros elétricos (GONÇALVES, 2021).

O modelo ideal de veículo sustentável pode variar de país a país e de acordo com os recursos disponíveis. Nota-se que há uma tendência de se pensar no veículo elétrico movido a bateria como a melhor rota de descarbonização. Estudos mostram, porém, que essa é uma ideia falaciosa já que ao considerar todo o ciclo de vida estes não são os automóveis mais eficientes em relação à sustentabilidade. Embora estes veículos não emitam poluentes de forma direta como os movidos a motores à combustão, sabe-se que as suas baterias metálicas podem gerar

GEE de forma intensa, assim como a eletricidade utilizada para a sua recarga (GAUTO et al., 2023; KNOBLOCH et al., 2020; KOSTOPOULOS, 2020).

O setor automobilístico brasileiro há muito tempo já vem se mostrando bem-sucedido em relação a diminuição de emissões de GEE por meio da utilização de veículos movidos a biocombustíveis que já existem desde 1979 e vieram a dominar o mercado com o surgimento do carro “*flex(ible)-fuel*” em 2003, colaborando para que atualmente o país seja responsável por apenas 2,3% das emissões globais. Há mais de uma década sabe-se que o etanol de cana-de-açúcar, assim como o biometano pode reduzir em 80% as emissões de GEE (BORDELANNE, 2011; GAUTO et al., 2023; GONÇALVES, 2022; SEABRA, 2011).

A combinação dos biocombustíveis com a eletrificação mostra-se como a melhor solução para a transição energética e a redução de emissões de carbono segundo estudos recentes. Os veículos híbridos a biometano no Brasil podem chegar a emitir 4,5 menos CO₂ quando comparados a um automóvel à gasolina. Já um veículo híbrido que se utilize do etanol de cana-de-açúcar mostra-se 3,5 menos emissor de carbono em relação a um veículo com motor a combustão movido à gasolina. Desta forma, enquanto um carro a gasolina emite 1 kgCO₂ após rodar apenas 3,7 km os veículos a biometano e a etanol comparados anteriormente precisam rodar, respectivamente, 16,8 km e 12,9 km para emitir o mesmo 1 kgCO₂. Vale ressaltar que, sobre os híbridos considerados, ambos não possuem a necessidade de serem “ligados na tomada”, ou seja, não são tecnologias *plug-in* (GAUTO et al., 2023). O Quadro 2 apresenta as emissões médias de CO₂ dos tipos de veículos estudados na literatura mostrando a posição relativa da sua eficiência no que diz respeito à emissão de carbono.

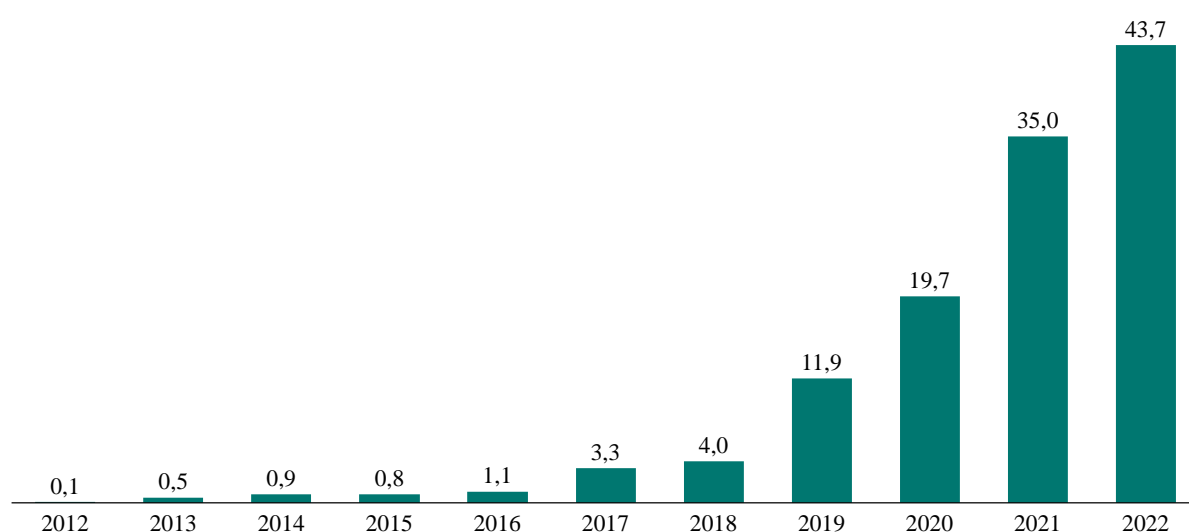
Quadro 2. Emissões médias de CO₂ por tipo de veículo

Posição	Tipo de Veículo	Emissão (gCO ₂ /km)
1º	Híbrido a Biometano	59,5
2º	Biometano	73,7
3º	Híbrido a Etanol	77,5
4º	Híbrido Plug-in a Biometano	85,8
5º	Híbrido Plug-in a Etanol	91,4
6º	Elétrico no Brasil	104,8
7º	Etanol	120,9
8º	Elétrico na Europa	145,3
9º	Gasolina	269,3

Fonte: elaborado com base em GAUTO et al., (2023).

Dados da ANFAVEA do ano de 2023 mostram que ainda que não seja possível determinar se nos próximos anos os veículos híbridos ganharão maior participação na matriz de transportes ou os elétricos movidos à bateria, há no país uma tendência de crescimento no licenciamento dos carros eletrificados de forma geral, já que a sua demanda aumentou em mais de 10 vezes considerando-se o período entre 2018 e 2022, quando o licenciamento de automóveis eletrificados no país passou de aproximadamente 4 mil unidades ao ano para quase 44 mil unidades. O Gráfico 3 mostra a evolução dos veículos eletrificados no Brasil.

Gráfico 3. Evolução de frota de automóveis eletrificados no Brasil (em milhares de unidades)



Fonte: elaborado com base em ANFAVEA (2023).

Atualmente o Brasil é o segundo maior produtor de biocombustíveis do mundo e possui grande influência no cenário global. O país faz parte desde o dia 9 de setembro de 2023 da Aliança Global de Biocombustíveis junto com outros 19 países e 12 organizações internacionais e é juntamente com os Estados Unidos um dos principais parceiros que colabora em nível acadêmico, tecnológico e empresarial para que a Índia implemente a utilização de veículos flex e a mistura de 20% de etanol na gasolina (IEA, 2023b; MRE; 2023).

A fim de atender a demanda por bioenergia, o setor de cana-de-açúcar mais que dobrou no país nas últimas décadas, havendo uma grande contribuição do Brasil para o desenvolvimento global no que diz respeito ao uso do etanol. O crescimento do setor de bioenergia foi responsável por impactar não somente a agricultura e as suas práticas voltadas à sustentabilidade, mas também diversos outros importantes indicadores sociais (BORDONAL, 2018; BRINKMAN, 2018; IEA, 2023b).

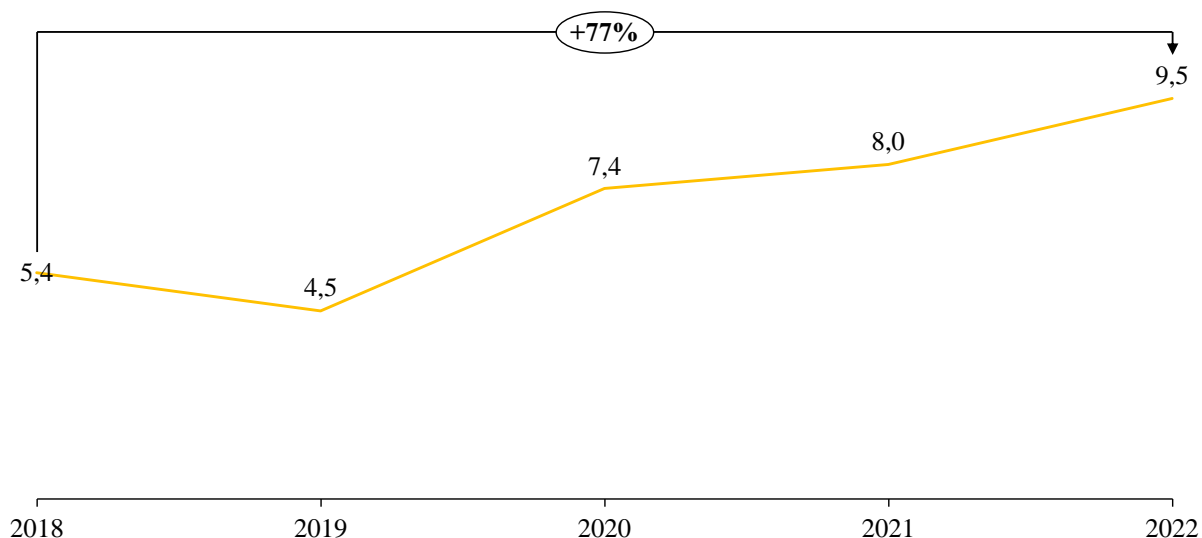
3.3.1 O cenário da bioenergia no Brasil

3.3.1.1 Uma visão geral sobre o setor sucroenergético

A renda gerada pela bioenergia produzida pelo setor sucroenergético considerando-se o valor total das vendas dos produtos finais produzidos por meio da indústria advinda da cana-de-açúcar, corresponde a uma parcela importante do PIB do Brasil, sendo responsável por uma grande massa salarial decorrente dos empregos gerados por esta cadeia produtiva. Estudos apontam que o setor vem gerando anualmente ao redor de 700 mil empregos formais, dos quais mais 470 mil são em áreas rurais (NEVES; TROMBIN; CONSOLI, 2010; ROSSETO et al., 2022; UNICA, 2022).

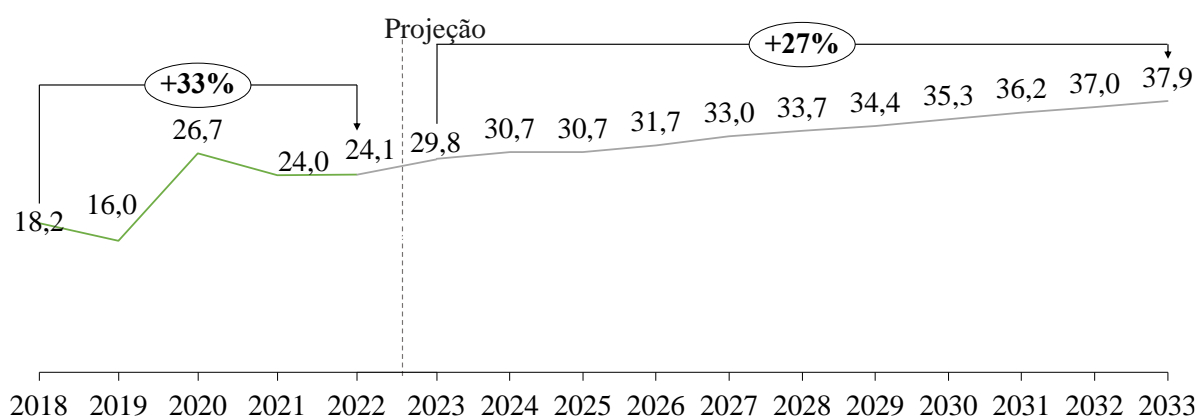
Devido à significativa produção, a arrecadação fiscal do setor canavieiro também se mostra de grande importância para o país, sendo que esta envolve uma grande cadeia produtiva, a qual envolve desde a produção de insumos até o momento da comercialização do produto acabado. É notável a expressividade do setor e seu potencial em interiorizar o desenvolvimento do país, o que é de muita relevância para a tomada de decisão tanto no setor público quanto no privado, ainda mais considerando-se as estimativas que apontam que o Brasil possa vir a aumentar a sua participação no comércio de mundial de açúcar elevando tanto o volume das suas exportações quanto o seu valor em dólares como já vem ocorrendo nos últimos anos (EPE, 2022; MAPA, 2023; MDIC, 2022; NEVES; TROMBIN; CONSOLI, 2010).

Já sendo o maior exportador mundial há mais de 10 anos, pesquisas mostram que até o ano de 2032 o Brasil deve ser responsável por 44% do fluxo de comércio internacional de açúcar, 7% a mais do que no ano de 2022 (EPE, 2022; MAPA, 2022; MDIC, 2022). Considerando apenas o período entre 2018 e 2022, dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) mostram que o valor em dólares das exportações de açúcar do Brasil cresceu 77%, acompanhando um aumento de 33% na quantidade exportada, o qual deve continuar nos próximos anos segundo estimativas do MAPA. O gráfico 4 apresenta o histórico e a evolução das exportações brasileiras de açúcar em dólares entre 2018 e 2022:

Gráfico 4. Evolução da exportação brasileira de açúcar (em bilhões de US\$)

Fonte: elaborado com base em MDIC (2022).

Já no gráfico 5 apresenta-se o histórico do volume exportado de açúcar pelo Brasil e a tendência de crescimento que deve ocorrer nos próximos anos:

Gráfico 5. Evolução do volume exportado de açúcar (em milhões de toneladas)

Fonte: elaborado com base em MDIC (2022) e MAPA (2023).

A atual crescente procura mundial por fontes limpas e renováveis de energia, as quais não geram os efeitos negativos dos combustíveis fósseis (derivados do petróleo) como a emissão de gases de efeito-estufa, faz também com que o setor seja de extrema importância no cenário mundial para a promoção da transição energética devido a um de seus principais

produtos, o etanol. Estudos mostram que o estado pode gerar benefícios à sociedade ao optar por regulamentar incentivos à produção de etanol, pois este gera externalidades positivas que são falhas de mercado, que por definição, em condições de livre mercado levam à uma condição sub ótima. Quando não se internalizam as externalidades positivas aos preços, estes levam à uma condição de equilíbrio que é abaixo da desejada socialmente pois não são capazes de proporcionar retornos adequados os investimentos (DENNY, 2020; ERRERA et al., 2023; MORAES et al., 2010).

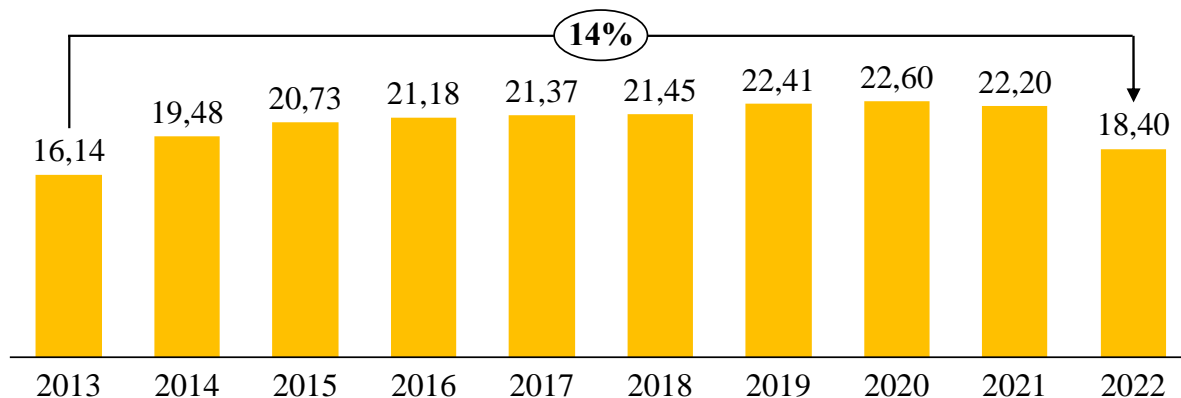
Outra importância do setor de cana-de-açúcar é a sua produção de bioeletricidade e o seu papel estratégico que possibilita uma matriz elétrica limpa e renovável, já que esta tem um grande potencial para que se descarbonize o setor de energia no Brasil (DE SOUZA et al., 2021), sendo que a presença atual da biomassa como a terceira maior fonte de geração de eletricidade no país faz com que haja uma menor dependência da energia produzida por meio de usinas termoeletricas que geram efeitos ambientais negativos. Sabe-se que, apenas no ano de 2022, a bioeletricidade da cana foi responsável por evitar a emissão de quase 4 milhões de toneladas de carbono na atmosfera, o equivalente ao que se conseguiria por meio do cultivo de 27 milhões de árvores nativas ao longo de 20 anos (UNICA, 2023a).

Ainda que haja no Brasil uma matriz elétrica 85% renovável, devido ao fato desta ser predominantemente hidráulica, é importante que existam constantes investimentos em outras formas de se produzir energia limpa como, por exemplo, na bioeletricidade do setor sucroenergético. Estudos mostram que o modelo de geração de energia baseado em hidrelétricas tende ao esgotamento devido a questões fiscais e da postura das autoridades em relação ao meio ambiente, que atualmente licenciam apenas hidroelétricas com reservatórios pequenos, o que torna inevitável uma evolução do sistema elétrico do país (CASTRO; BRANDÃO; DANTAS, 2010; EPE, 2021; EPE, 2023b).

A bioeletricidade derivada da cana-de-açúcar se destaca ainda no mercado de energia devido a fatores como o fato desta possuir custos competitivos, a capacidade de suprir a possível falta de oferta de energia em períodos de seca, a capacidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e a proximidade aos centros de carga. Nos últimos anos, esta vem apresentando um relevante crescimento, sendo que, no ano de 2022, a geração de energia elétrica para a rede por meio da biomassa advinda do setor sucroenergético foi de 18,4 GWh, com atualmente 236 usinas vendendo a sua bioeletricidade. Apesar do total de energia gerada ser inferior ao dos anos anteriores, há uma manutenção da tendência de alta quando considerado um período de 10 anos, havendo em crescimento de 14% em relação

ao ano de 2013 (CASTRO; BRANDÃO; DANTAS, 2010; EPE, 2022; UNICA, 2023b; UNICA, 2023c).

Gráfico 6. Evolução da produção de bioeletricidade por meio do bagaço da cana-de-açúcar (em GWh)



Fonte: elaborado com base em UNICA (2023c).

Outro produto do setor de bioenergia que vem ganhando ainda forte destaque é a produção de biogás a partir dos resíduos e subprodutos da cana-de-açúcar como a vinhaça, a torta-de-filtro e a palha. Com grande potencial no país, este produto pode ser utilizado para produção de energia térmica, elétrica e para a produção de biocombustível, o biometano, por meio do processo que envolve o seu melhoramento e purificação (MILANEZ, 2021).

Tanto o etanol quanto o biometano são alvos do programa RenovaBio (MME, 2017). Nos tópicos a seguir serão mais bem detalhados os mercados desses dois biocombustíveis.

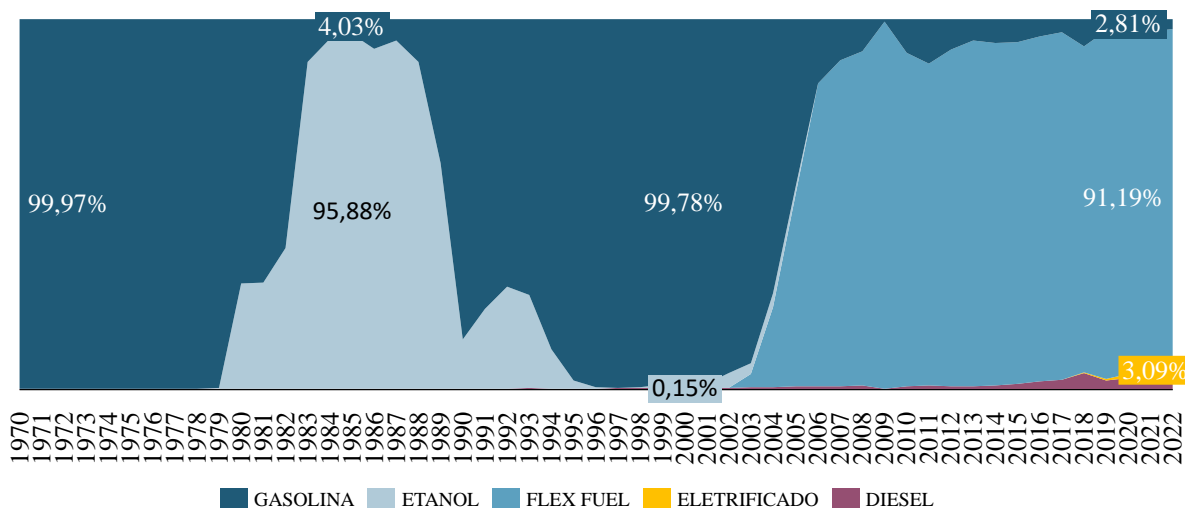
3.3.1.2 Histórico e perspectivas para o mercado de etanol

A história do etanol como combustível ganha importância no Brasil a partir do ano de 1975 quando ocorre o estabelecimento do Proálcool (Programa Nacional do Álcool) em resposta à crise do petróleo ocorrida no ano de 1973 a fim de diminuir a dependência do país em relação às importações que chegavam a representar 80% da gasolina do país. Este gerou incentivos à produção do etanol hidratado e etanol anidro (que passou a poder ser misturado à gasolina em um teor de até 25%) e culminou no surgimento do mercado de carros a álcool

em 1979, os quais chegaram no seu auge, no ano de 1985, a representar quase 96% do total de automóveis licenciados no país, perdendo força a partir da década de 1990 (ANFAVEA, 2023; CAMPOS; VIGLIO, 2021; NIGRO; SZWARC, 2010).

O segundo grande momento na história do etanol, foi o surgimento dos carros flex que aconteceu devido à falta de combustíveis que ocorreu no Brasil em 1989 e a busca por sustentabilidade e combustíveis não poluentes, sendo estes últimos ainda muito importantes atualmente. Os veículos flex rapidamente ganharam o mercado representando no ano de 2022, aproximadamente 91% dos automóveis licenciados no Brasil (ANFAVEA, 2023; CAMPOS; VIGLIO, 2021; NIGRO; SZWARC, 2010). O gráfico 7 apresenta o histórico brasileiro de automóveis novos licenciados por combustível entre os anos de 1970 e 2022.

Gráfico 7. Veículos novos licenciados no Brasil por combustível entre 1970 e 2022



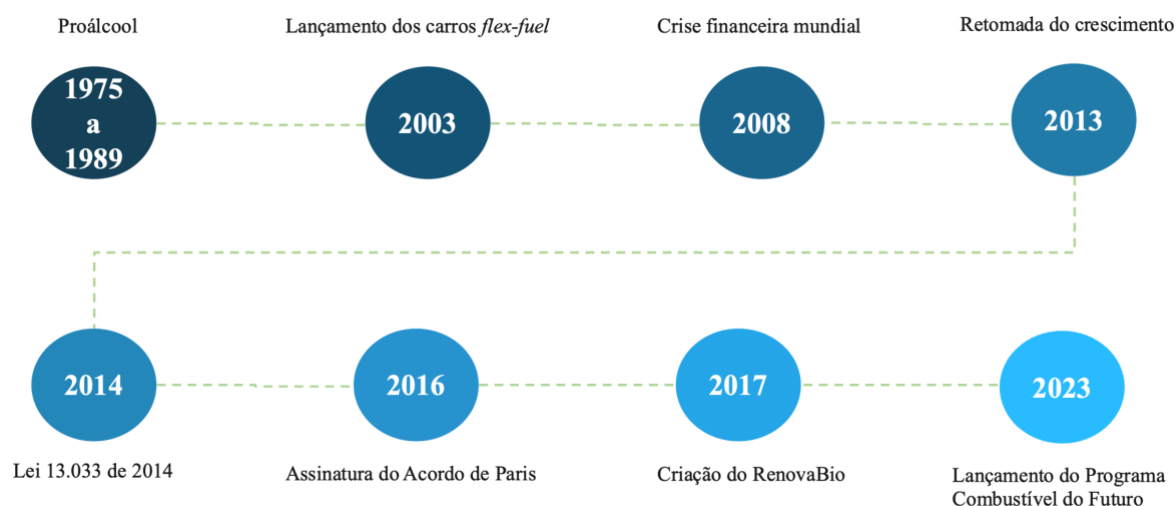
Fonte: elaborado com base em ANFAVEA (2023).

Ao longo de sua história diversos fatores influenciaram o mercado de etanol e o seu desenvolvimento. Na crise financeira mundial de 2008, por exemplo, houve uma forte interrupção da oferta de crédito que afetou fortemente o setor que retomou seu crescimento apenas em 2013. No ano 2014, foi estabelecida a lei 13.033 que define que o etanol anidro deve compor de 18% até 27,5% da gasolina, o que vem fortalecendo também o mercado. Com a assinatura do Acordo de Paris em 2016, foi criada a lei do RenovaBio em 2017, que institui a política nacional de biocombustíveis como uma importante ferramenta para o atingimento da meta de redução de 37% das emissões de GEE até 2025 (CAMPOS e VIGLIO, 2021; NEVES et al., 2021).

Em 2021 para fortalecer tal política foi criada a linha crédito BNDES RenovaBio, especialmente para as empresas com a certificação do programa com taxas de juros incentivadas para que se promova o crescimento dos setores alvo de tal política. No ano de 2023 foi lançado o Programa Combustível do Futuro que em complemento ao RenovaBio, busca fortalecer o mercado de biocombustíveis por meio da integração desta e de outras políticas voltadas ao setor como o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, o Proconve, o Rota 2030 e o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular, estabelecendo estratégias para o desenvolvimento a viabilização de novas tecnologias como a célula de combustível a etanol, o bioquerosene de aviação, os combustíveis sustentáveis para o uso marítimo e o etanol celulósico, também chamado de segunda geração (2G), que deve atingir no Brasil a produção de 560 milhões de litros em 2032. (BNDES, 2021; EPE, 2022; MME, 2023).

Recorrentemente há regulamentações e políticas públicas que impactam o setor de etanol. A figura 6 apresenta uma linha do tempo com alguns momentos importantes para o setor.

Figura 6. Linha do tempo do mercado de etanol e as políticas públicas no Brasil

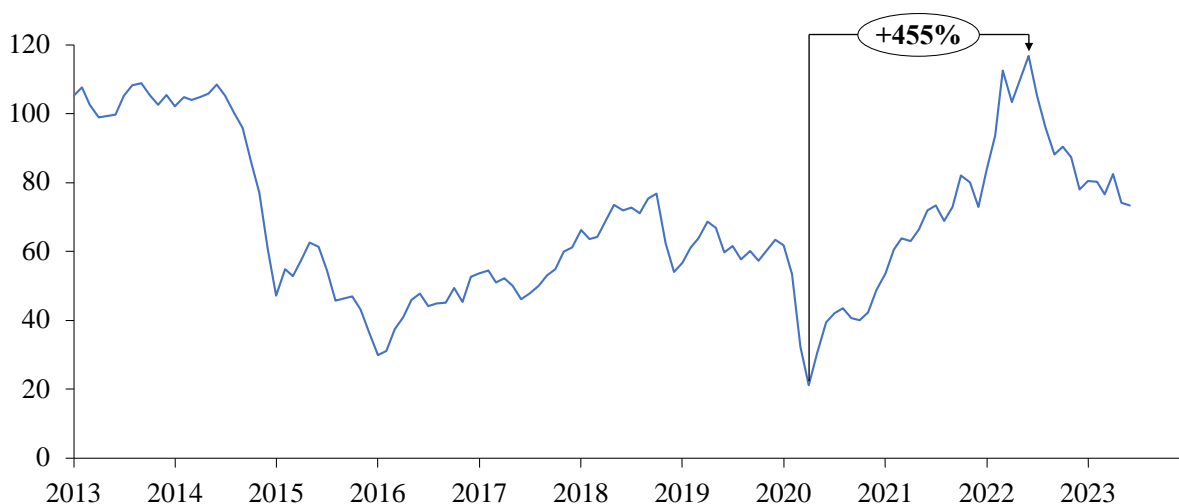


Fonte: elaborado com base em Moraes e Bacchi (2014), Alves, Barbosa e Ribeiro (2018), ANP (2018) e Melo (2018), Ministério da Economia (2019), BNDES (2021); Campos e Viglio (2021) e MME (2023).

É importante destacar que os incentivos ao etanol se relacionam outras questões que, segundo os pesquisadores, são tão relevantes socialmente quanto os aspectos ambientais. Há alguns outros pontos que merecem destaque no que diz respeito aos benefícios do etanol como: a grande quantidade de empregos gerados (diretos e indiretos), o seu uso alternativo em relação

aos combustíveis fósseis e o seu efeito positivo na balança comercial, ao permitir a diminuição da importação do petróleo e derivados como a gasolina. Em relação a este último, o aumento do uso de etanol em substituição aos combustíveis fósseis pode ajudar com que haja maior previsibilidade em relação aos preços dos combustíveis no país, já que o preço do petróleo recorrentemente sofre fortes mudanças, o que torna inevitável as grandes variações nos preços dos seus derivados. Dados do Banco Mundial mostram que no período da crise de COVID-19, entre os anos de 2020 e 2022, houve uma variação de 455% no preço do barril de petróleo, como mostra o gráfico 8 (BANCO MUNDIAL, 2023; DENNY, 2020).

Gráfico 8. Evolução do preço do barril de petróleo (em US\$)



Fonte: elaborado com base em Banco Mundial (2023)

Além disso, ao compararmos o setor petroquímico, o responsável pela extração e produção de derivados do petróleo, ao setor sucroalcooleiro, é possível estimar que o primeiro é capaz de gerar um montante total de empregos muito inferior ao da produção de cana e de etanol. Pode-se perceber também que há maior capilaridade dos empregos gerados nestes últimos setores, ou seja, há efeitos no que diz respeito a geração de empregos e riqueza em uma maior amplitude territorial do país (MORAES et al., 2010).

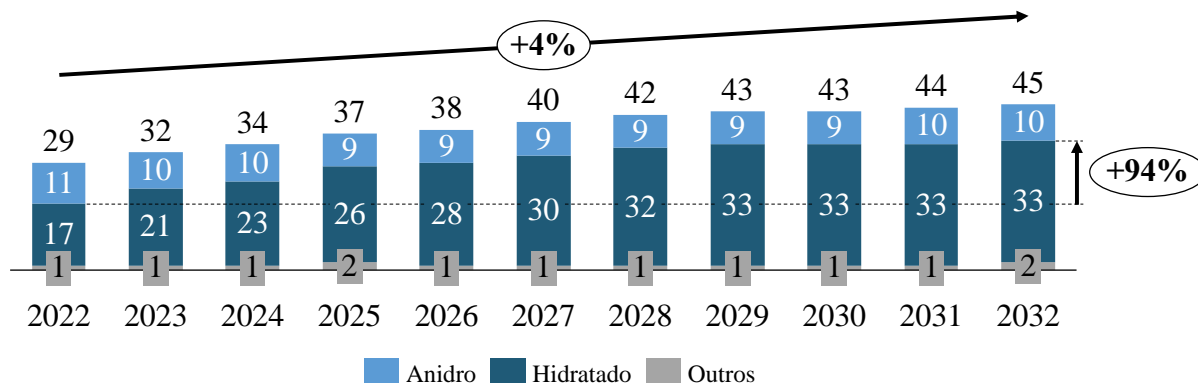
A redução de emissão de gases de efeito estufa (GEE) visando a diminuição do atual processo de aquecimento global, é atualmente um fator de grande relevância no contexto mundial. O etanol é atualmente uma opção comercialmente disponível e com considerável potencial de expansão em vários países, que pode contribuir para tal processo sendo uma importante fonte de energia renovável e com baixo teor de carbono, tendo capacidade de reduzir

em quase 90% as emissões de carbono em comparação à gasolina. Considerando o período entre março de 2003 e abril de 2021, foi evitada a emissão de 556 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera por meio da utilização deste biocombustível no Brasil, o equivalente a soma do que é emitido anualmente pela Argentina, Venezuela, Chile, Colômbia e Uruguai. (JAISWAL et al., 2017; MEIRA FILHO; MACEDO, 2009; UNICA, 2021b)

A diminuição da emissão de ozônio é também um dos aspectos mais importantes da discussão sobre os impactos positivos na saúde e o consumo do etanol. A formulação dos combustíveis fósseis e a tecnologia veicular geram altas concentrações de óxidos de nitrogênio nos centros urbanos. Nesse sentido, estudos mostram que o etanol combustível é capaz de reduzir a formação de ozônio na troposfera, a camada atmosférica mais próxima da superfície terrestre. Há ainda diversos problemas secundários causados devido à exposição crônica aos poluentes atmosféricos, dentre eles estão a redução da função pulmonar; a redução do peso ao nascer; o aumento da frequência de abortamentos e a perda de anos de vida por doenças cardiorrespiratórias (SALDIVA et al., 2010).

A disponibilidade energética e a atual dependência de recursos não renováveis representam fortes desafios à diversos países do mundo. Ainda que as fontes renováveis como o etanol estejam sujeitas à sazonalidade e as quebras de safra, estas ainda são de grande importância na amenização de tais problemas. Previsões apontam que até 2050, as energias renováveis representem 28% do consumo energético global e que há uma tendência de crescimento da produção e do uso de etanol nos principais consumidores mundiais, dentre eles o Brasil, os Estados Unidos, a China, a Índia e a União Europeia. Devido a esse movimento em direção ao aumento do consumo do etanol espera-se que haja um crescimento anual da demanda do etanol brasileiro de aproximadamente 4% ao ano até 2032, fazendo com que haja o consumo de mais 30 bilhões de litros de hidratado, o que corresponde a quase o dobro do consumo de 2022 (EPE, 2022; FARINA et al., 2010; IEA, 2019; OECD/FAO, 2021).

Gráfico 9. Projeção da demanda de etanol no Brasil



Fonte: elaborado com base em EPE (2022).

Além da cana-de-açúcar podem ser utilizados também como matérias-primas para a produção de etanol o milho e o sorgo. Em relação à cana, o milho se destaca por ter um maior rendimento industrial na produção de etanol, podendo atingir 425 litros por tonelada de matéria-prima, o que é uma produtividade de 4 a 5 vezes a da cana-de-açúcar (NEVES et al, 2021; MOREIRA et al., 2020).

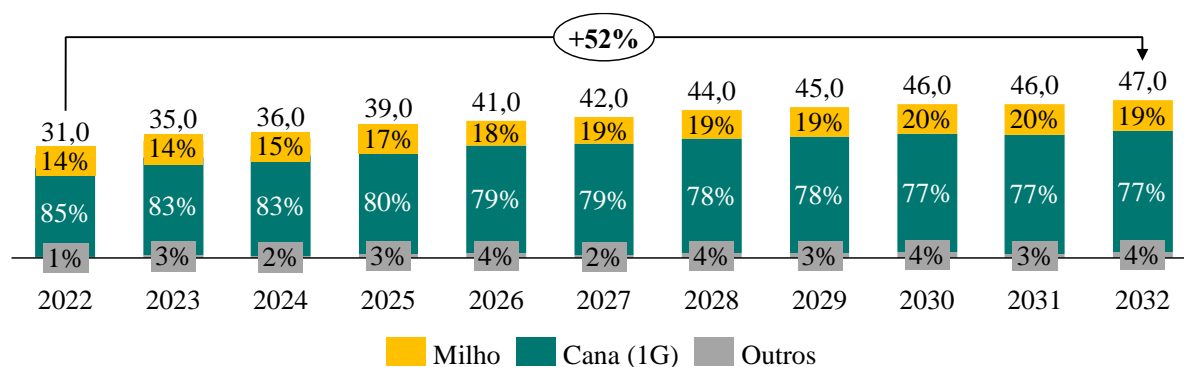
A produção de etanol de milho iniciou-se no ano de 2012 no Brasil e tem crescido de forma expressiva nos últimos anos, podendo ser produzido por meio de três modelos de negócios. O primeiro trata-se das usinas “full”, nas quais o etanol é produzido utilizando-se como matéria-prima exclusivamente o milho. No segundo, o das usinas “flex”, a cana-de-açúcar é o principal insumo utilizado, havendo produção a partir do milho apenas nos períodos de entressafra. Já no terceiro, o das usinas chamadas “flex full”, é feita a produção de etanol por meio do uso do milho e da cana de forma simultânea ao longo da safra (NEVES et al., 2021).

Este último tem diversas vantagens como a otimização dos custos devido à utilização dos dois produtos e da integração dos processos e da infraestrutura em comum. Além disso, é possível a promoção de um modelo de economia circular que pode ainda incluir a pecuária, já que a partir do milho é possível produzir o DDG e o WDG, os quais servem para a nutrição na bovinocultura, que ao gerar esterco, este pode ser tratado e utilizado como fertilizante para produção da cana-de-açúcar ou mesmo para a do milho. (NEVES et al., 2021).

Até setembro de 2023 era previsto que entre 2023 e 2025 haja uma soma de 15 usinas em construção ou ampliação, as quais devem gerar um aumento de 17 milhões de litros na produção de etanol de milho por dia. A região centro-oeste destaca-se em relação às novas unidades a serem construídas, sendo que 4 destas serão no Mato Grosso e 2 no Mato Grosso do Sul (ITAÚ BBA, 2023a).

Até maio de 2023, existiam 20 usinas de etanol de milho no Brasil com a capacidade instalada para produzir 6 bilhões de litros de etanol na safra 2023/24, destacando os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul nas primeiras duas colocações, seguidos por Goiás, Paraná e São Paulo. Estimativas mostram que a oferta de etanol a partir do milho atingirá mais de 9 bilhões de litros em 2032 o que corresponderá a aproximadamente 20% do etanol produzido no país, sendo de grande importância para o aumento da produção do biocombustível nos próximos anos. (EPE, 2022; UDOP, 2023b). O gráfico 10 apresenta evolução esperada oferta de etanol no Brasil e a representatividade de cada matéria prima no total da produção.

Gráfico 10. Projeção da oferta de etanol no Brasil



Fonte: elaborado com base em EPE (2022).

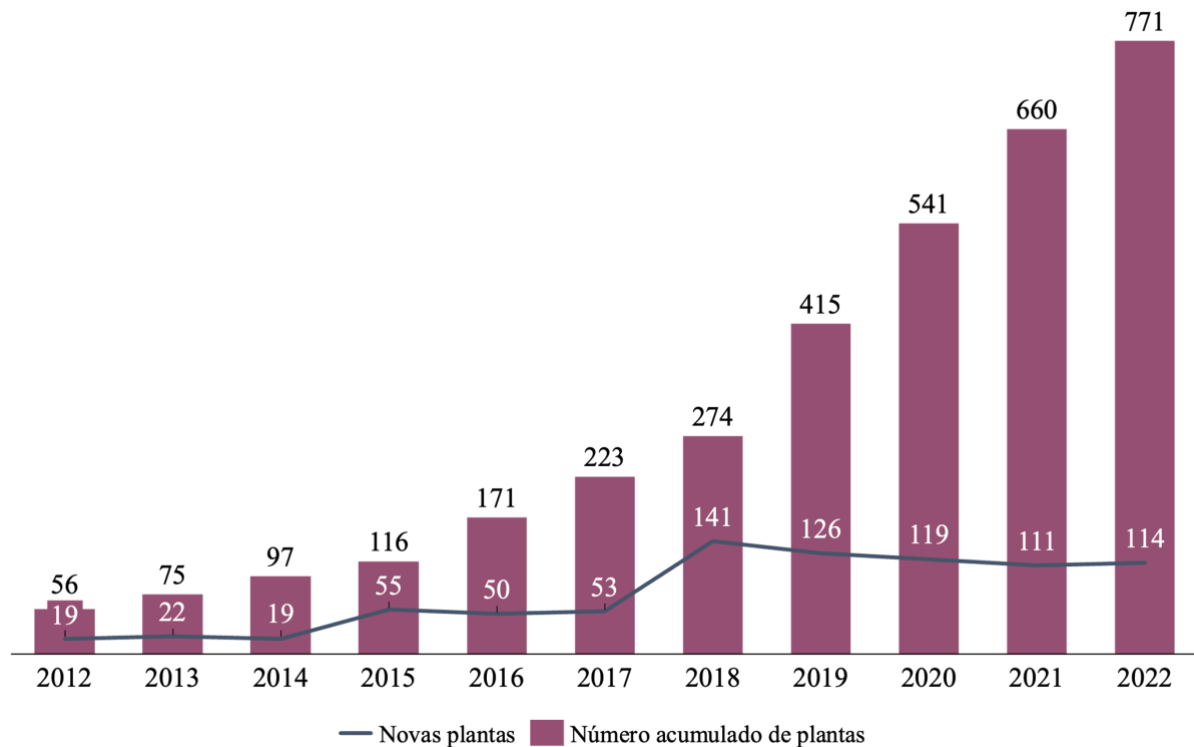
Já com grande representatividade na produção de etanol e da bioenergia brasileira, o setor de cana-de-açúcar, será também de grande importância para a alavancagem do mercado de biogás no país. Estudos mostram que com apenas 3,3% do seu potencial explorado atualmente, este produto deverá sofrer forte expansão nos próximos anos (CIBIOGAS, 2023).

3.3.1.3 O potencial do mercado de biogás

Produzido por meio da digestão anaeróbica, ou seja, da decomposição da matéria orgânica sem a presença de oxigênio (O₂), o biogás pode ser utilizado para a geração de energia elétrica e térmica, sendo também possível o seu melhoramento e purificação para transformação em biocombustível para uso veicular, o biometano. Com potencial para reduzir de 10% a 13% das emissões globais de GEE o biogás e os seus derivados apresentam grande potencial de crescimento a nível mundial (MUTZ et al., 2017; WBA, 2019; WBA, 2021).

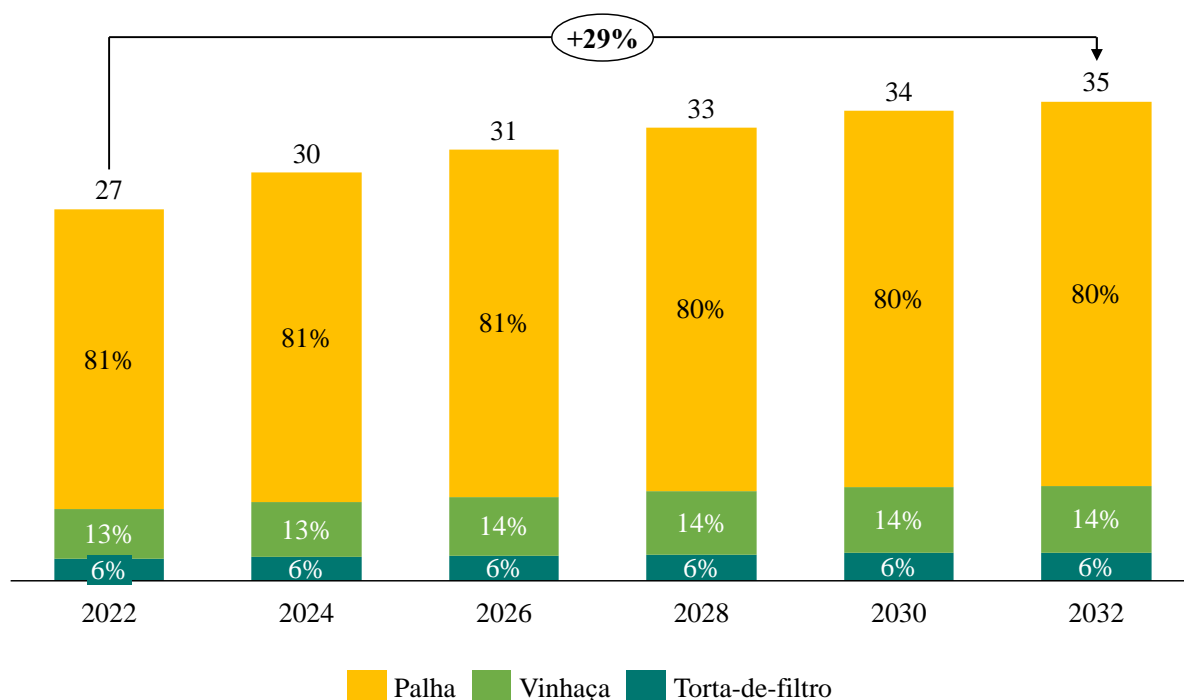
Especialmente no Brasil, a oferta de biogás cresceu mais de 30 vezes de 2010 a 2022, havendo somente entre 2021 e 2022 e aumento de 22% do produto para fins energéticos. No que diz respeito ao setor sucroenergético, a produção de biogás iniciou-se no ano de 2012 na cidade de Tamboara no Paraná, quando foi criada pela Geo Biogás & Tech a primeira planta comercial a fabricar em larga escala este produto por meio da utilização da resíduos da indústria de cana-de-açúcar como a vinhaça, a palha e a torta-de-filtro. Desde então, a regulamentação a respeito do biogás sofreu diversos aprimoramentos, sendo que em 2020 houve a primeira certificação do Programa RenovaBio para uma unidade produtora de biometano. Esse fato tem sido de grande relevância para o seu crescimento no mercado brasileiro (CIBIOGAS, 2023; EPE, 2023c; MARTINEZ et al., 2023).

Considerando o período entre 2012 e 2022 o número de plantas de biogás no país cresceu em quase 14 vezes, passando de um total acumulado de 56 para 711. Sendo os anos de 2018, 2019, 2020 os anos com os maiores registros de novas plantas em operação da história do Brasil até o momento (CIBIOGAS, 2023). O gráfico 11 mostra a evolução do número brasileiro de plantas de biogás em operação:

Gráfico 11. Evolução do número de plantas de biogás em operação no Brasil

Fonte: elaborado com base em CIBiogás (2023)

Ainda que a maior parte do biogás produzido no país seja usada para a geração de eletricidade, vem ocorrendo um forte crescimento de plantas que o utilizam o produto para a fabricação de biometano, havendo um aumento de 82% destas em 2022 comparando-se com o ano de 2021, as quais converteram 22% do biogás feito no Brasil. Além disso, 57% do biogás proveniente da área industrial é feito em empresas do setor sucroenergético, o qual deve atingir a produção de 35 bilhões de NM^3 em 2032. (CIBIOGAS, 2023; EPE, 2022). O gráfico 12 apresenta o comportamento esperado de crescimento do biogás produzido por meio de resíduos da cana-de-açúcar:

Gráfico 12. Projeção da oferta de biogás no setor sucroenergético (em bilhões de NM³)

Fonte: elaborado com base em EPE (2022).

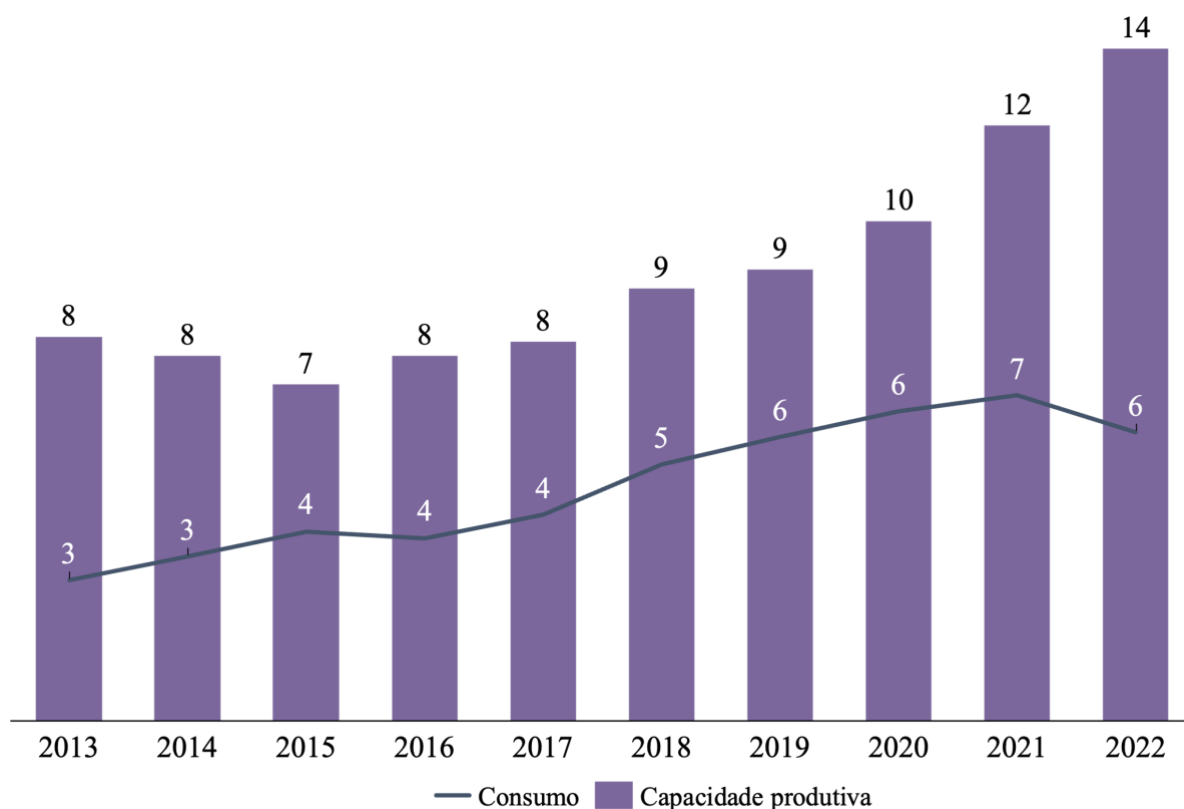
Estima-se que até 2032 com o aumento de 29% na sua produção, seja possível produzir 19,2 bilhões de NM³ de biometano a partir dos resíduos da cana-de-açúcar o que seria o suficiente para substituir aproximadamente 20% do diesel A utilizado na agropecuária. Este último deve também ter uma parcela considerável substituída pelo biodiesel, outro importante biocombustível do Brasil que deve apresentar crescimento nos próximos anos (CIBIOGAS, 2023; EPE, 2022; EPE, 2023c).

3.3.1.4 O mercado de biodiesel

Desde a década de 1980 o Brasil vem desenvolvendo políticas de fomento à produção de biodiesel no país. Em 2005, foi instituído o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), com isso o uso do biocombustível tornou-se obrigatório em 2008, quando este passou a ser misturado ao diesel de origem fóssil devendo compor 2% do seu volume. Ao longo do tempo essa proporção elevou-se até atingir 13% em 2021, caindo para 10% ainda no mesmo ano. Em 2023, estabeleceu-se que o percentual deveria ser elevado a 12% e subir em 1% a cada ano até atingir 15% em 2026 (CNPE, 2023; COSTA; OLIVEIRA, 2022; EPE, 2023c).

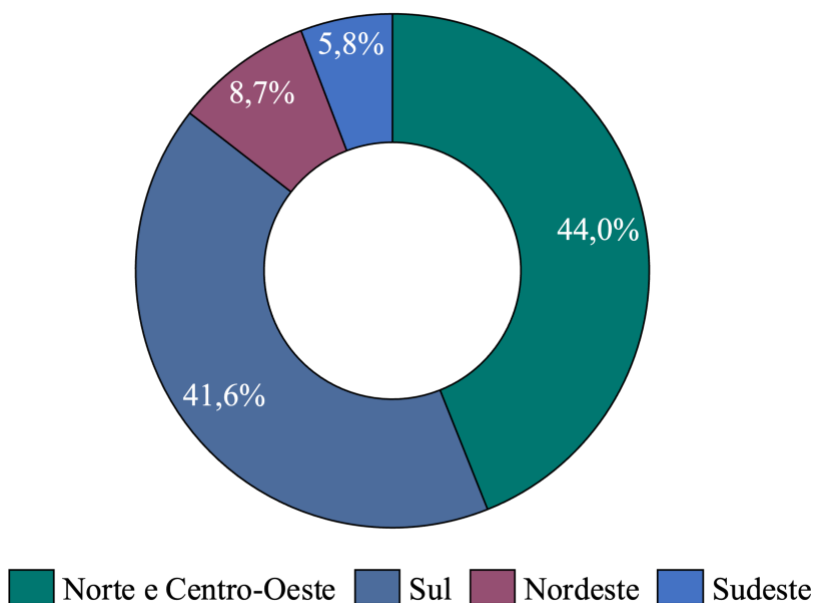
Com objetivos como promover a sustentabilidade e a inclusão da agricultura familiar com a garantia de preços mínimos e o fortalecimento dos potenciais regionais por meio do fomento do uso de diferentes matérias-primas (como óleo de palma/dendê) nas regiões Norte, Nordeste e do semiárido, o PNPB possui como um dos seus instrumentos o Selo Combustível Social (SCS) que é concedido às indústrias que utilizam matérias-primas produzidas por agricultores familiares, havendo uma obrigatoriedade no país de que parte do biodiesel produzido no Brasil seja por meio da matéria-prima dos detentores deste selo. Em 2023, estabeleceu-se também que 10% do fomento para a produção do biocombustível deve ser destinado aos produtores com o SCS em 2024 considerando-se o somatório das regiões Norte, Nordeste e do semiárido, devendo este percentual subir anualmente em 5% até 2026 atingindo 20% (CNPE, 2023; COSTA; OLIVEIRA, 2022).

Ainda que haja incentivo para a produção de biodiesel a partir de matérias-primas diversas, a maior parte do produto é feito por meio da utilização do óleo de soja, o qual tinha 65,8% de participação em 2022 na indústria brasileira deste biocombustível que tem a região sul como a maior produtora, representando 42,4% do total nacional. Atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador de soja do mundo e o segundo na produção de biodiesel, tendo a capacidade produtiva 14 bilhões de litros no ano de 2022 (ANP, 2023b; COSTA; OLIVEIRA, 2022; EPE, 2023c). O gráfico 13 apresenta a evolução da capacidade produtiva e do consumo de biodiesel no Brasil:

Gráfico 13. Evolução da capacidade produtiva e do consumo de biodiesel no Brasil (em bilhões de litros)

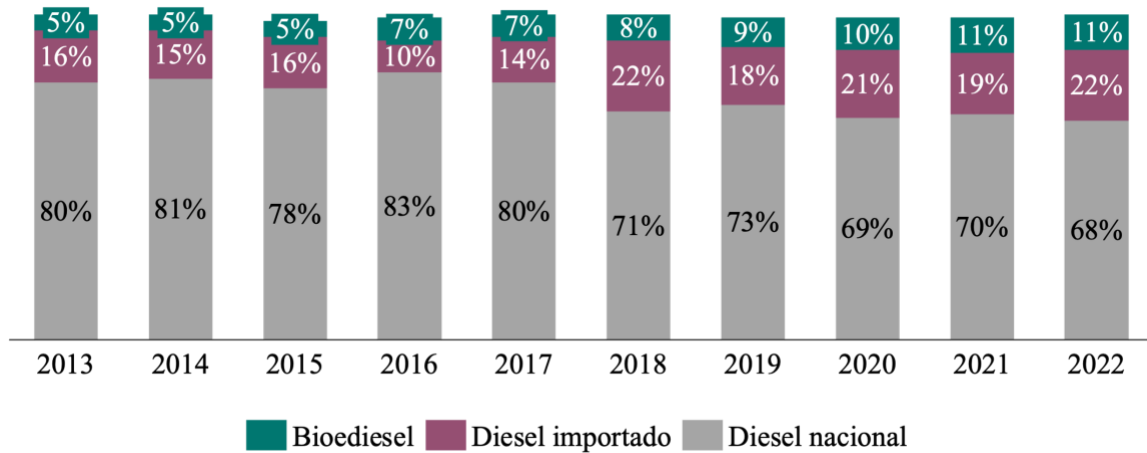
Fonte: elaborado com em ANP (2023b) e EPE (2023c).

Devido a ampla disponibilidade de matérias-primas para a produção do biodiesel, além da região sul destacam-se as regiões Norte e Centro-Oeste, as quais fabricam uma grande quantidade do produto partir da soja e do sebo bovino, representando somadas 45,8% do total da produção. Já as regiões Nordeste e Sudeste produziram em 2023, respectivamente, 8,7% e 5,8% do biodiesel brasileiro (ANP, 2023b; EPE, 2023c). O gráfico 14 apresenta a produção brasileira de biodiesel por região:

Gráfico 14. Produção de biodiesel por região do Brasil em 2023

Fonte: elaborado com base em ANP (2023b).

Além do impacto social em diversas regiões do Brasil, a produção de biodiesel tem feito com que haja uma menor necessidade de importação de óleo diesel. Nos últimos anos, apesar de ter ocorrido uma queda na produção de diesel no país, o aumento da produção de biodiesel permitiu que o aumento das importações ocorresse em uma proporção menor que a queda na produção do produto nacional. Comparando-se os anos de 2013 e 2022, nota-se que houve uma diminuição de 12% na participação do diesel produzido internamente no país na oferta na brasileira do produto, apesar disso, a representatividade das importações cresceu apenas 6% no período, havendo uma substituição dos outros 6% pela produção de biodiesel (EPE, 2023c).

Gráfico 15. Evolução da oferta de diesel e biodiesel no Brasil

Fonte: elaborado com base em EPE (2023c).

A cadeia produtiva do biodiesel gera ainda dois importantes coprodutos a glicerina e o glicerol, os quais geraram 369,6 milhões de dólares em exportações no ano de 2022. Além disso, assim como o etanol é capaz de diminuir as emissões de GEE em relação à gasolina, o biodiesel é capaz de reduzir de 70% até 90% os gases de efeito estufa na atmosfera (CANABARRO et al., 2023; EPE, 2023c).

Para que essa redução ocorra, políticas públicas como o RenovaBio são importantes para que haja estímulo para a adoção de combustíveis de baixo carbono, encorajando assim a produção de biocombustíveis como o biodiesel. Esta política quem tem sua gestão realizada por meio da ANP, do MME e da CNPE, também vem se mostrando relevante no sentido de promover melhorias em toda a cadeia produtiva dos biocombustíveis e premiar a redução na emissão de carbono na atmosfera (CANABARRO et al., 2023; GRANGEIA; SANTOS; LAZARO, 2022).

3.4 A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) é uma autarquia federal especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia e executa a política nacional para o setor, tendo atuação "do poço ao posto", pois regula mais de 110 mil empresas que atuam desde a prospecção de petróleo e gás natural nas bacias do Brasil até a fiscalização da qualidade do combustível que chega até o consumidor final (ANP, s.d.b.).

São suas atribuições ainda no que diz respeito aos setores de petróleo, gás natural e biocombustíveis:

a) Regular: Estabelecer normas infralegais, tais como resoluções e instruções normativas, para funcionamento de indústrias e do comércio dos produtos sobre os quais a agência atua;

b) Contratar: Outorgar autorizações sobre os setores regulados pela agência, além de promover licitações e assinar contratos com concessionários para atividades de exploração, desenvolvimento e produção, em nome da União;

c) Fiscalizar: Fiscaliza o cumprimento das normas pelos setores regulados, seja diretamente ou por meio de convênios com outros órgãos públicos.

No que se refere à produção de biocombustíveis, o principal enfoque deste trabalho, a ANP atua especificando a qualidade, emitindo autorizações, regulando para todos os processos relacionados à produção, armazenagem, transporte, importação, exportação e revenda de etanol e biodiesel, além de promover leilões deste último (ANP, s.d.b). Como será visto posteriormente, a ANP tem também, entre outras funções, o papel de regular o credenciamento de empresas no RenovaBio.

3.5 O Ministério de Minas e Energia (MME)

O MME é um ministério vinculado à Presidência da República, fundado em 1960 com a função de propor ao presidente políticas nacionais e medidas para o setor. Tal órgão tem atualmente a responsabilidade presidir o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) (MME, s.d.b).

O MME, possui quatro secretarias que propõem diretrizes e implementam políticas nacionais em suas respectivas áreas, sendo elas a Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis; a Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, a Secretaria de Energia Elétrica e a Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. As mais relevantes para o presente estudo são a primeira e a última secretarias, por lidarem diretamente com a temática de biocombustíveis, intermediar relações entre o setor produtivo e órgão do meio ambiente, propor diretrizes seguidas pela ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), feitos pela secretaria de petróleo,

gás natural e biocombustíveis; e coordenar e implementar de instrumentos de planejamento energético do país e de sistemas de informações energéticas (MME, s.d.b).

O CNPE em conjunto com o MME está entre os principais agentes atuantes na política do RenovaBio. Estes atuam constantemente na regulamentação do programa a fim de garantir o cumprimento das suas diretrizes estratégicas e da valorização das externalidades positivas geradas pelo uso de biocombustíveis (MME, 2017).

3.6 A Teoria de Externalidades e o Mercado de Combustíveis

É possível entender que sempre que o bem-estar de algum agente econômico é diretamente afetado pela ação de outro agente na economia há a ocorrência de uma externalidade. O aquecimento global causado pela emissão de carbono na atmosfera é um dos exemplos mais significativos que se encaixa neste caso. O mercado de combustíveis fósseis é, portanto, um relevante gerador de externalidades à sociedade (HYNDRIKS; MYLES, 2013).

As externalidades não se refletem nos preços de mercado e são, portanto, causadoras de ineficiência econômica. Uma empresa causadora de externalidade negativa (que causa um efeito indesejado aos consumidores), produz uma quantidade excessiva do ponto de vista social. O raciocínio inverso é válido para geradores de externalidade positiva (que causa um efeito positivo aos consumidores) (PINDYCK; RUBINFELD, 2013).

Uma forma de corrigir as externalidades negativas seria realizar a cobrança de um imposto (conhecido como imposto pigouviano) igual ao dano causado por estas. Tal taxa, faria com que o produtor “internalizasse” o custo da externalidade gerando incentivo para ajustar sua produção. Esta solução implica em precificar corretamente a externalidade, ou seja, o custo social, algo que é quase impossível se fazer com precisão. (HYNDRIKS; MYLES, 2013; PIGOU; 2017).

Se houver uma economia competitiva, com informação completa e ausência de custos de transação e direitos de propriedade bem definidos é possível solucionar o problema de externalidades pelos mecanismos de mercado. O papel do estado nesse caso é apenas garantir que os direitos de propriedade sejam claramente definidos (COASE; 1960; HYNDRIKS; MYLES, 2013).

Estudos sugerem que o modelo mais adequado para redução das emissões de carbono deve envolver uma abordagem holística que envolve uma combinação de instrumentos com diferentes mecanismos (BLANCHARD; GOLLIER; TIROLE, 2023). Políticas que envolvem o comércio de emissões de carbono tendem a se mostrarem melhores para o desenvolvimento econômico quando comparadas às de imposição de impostos sobre carbono (XU et al., 2023).

Uma abordagem que pode se mostrar interessante é a de incentivos fiscais híbridos, na qual se recompense as empresas detentoras de ativos de carbono por meio de subsídios e utilize impostos como mecanismo de punição para empresas que sejam carbono negativas. Este mecanismo incentiva as companhias a adotarem mais tecnologias verdes e aumentarem a suas lucratividades por meio da redução de emissões (LIU et al., 2017).

Impostos sobre carbono podem ser ineficientes dependendo de como estabelecidos, assim como o sistema de comércio de emissões pode não funcionar bem se não houver liquidez ou baixos preços e oferta de carbono para negociação (LIU et al., 2017). Políticas verdes de forma geral possuem algum custo, porém, este custo torna-se cada vez mais dispendioso se estas forem adiadas ou estabelecidas de forma que sejam de baixo impacto (BLANCHARD; GOLLIER; TIROLE, 2023).

Sabe-se que a precificação do carbono pode envolver medidas impopulares e que podem estar propensas a *lobby* e discricionariedades. Desta forma, a criação de agências independentes com a atuação de cientistas e economistas de alto nível que tratem dessa questão pode ser interessante. A certificação e o estabelecimento de recompensas para emissões negativas são também essenciais para o processo de mitigação das mudanças climáticas, assim como a eliminação progressiva dos subsídios existentes para o mercado de combustíveis fósseis (BLANCHARD; GOLLIER; TIROLE, 2023).

Atualmente há uma tendência mundial de crescimento na produção de biocombustíveis. Apesar deste significativo aumento na produção, há diversas evidências provenientes de muitos países que mostram que geralmente a utilização de biocombustíveis não possui competitividade quando comparados aos combustíveis fósseis, dependendo constantemente do apoio de políticas públicas para se estabelecer, e ainda assim, isso não é suficiente em mercados onde os combustíveis fósseis são subsidiados e não tem incluídos em seu preço os efeitos advindos de suas externalidades. Portanto, para que seja possível promover a utilização dos biocombustíveis, tem havido interferência a partir medidas como: o estabelecimento de padrões regulatórios (mandatos de consumo), de incentivos financeiros

(tributação e taxas diferenciadas) e as restrições às importações (PIRES; SCHECHTMAN, 2010).

O RenovaBio e outras políticas de descarbonização, mostram-se interessantes devido a sua ideia de precificar as externalidades dos combustíveis por meio das forças de oferta e demanda e do mercado de créditos de carbono, como os CBIOs no caso brasileiro. Tal ideia remete à ampla bibliografia já existente sobre comercialização de créditos de carbono e à aplicação do Teorema de Coase (SORES; SILVA; TORREZAN, 2015).

3.7 As políticas de descarbonização pelo uso de biocombustíveis nos EUA, na União Europeia e no Brasil

De forma geral, as políticas voltadas aos biocombustíveis podem ser implementadas de diversas formas e por meio da utilização de diferentes mecanismos como instrumento para atingir os seus objetivos. Diversos países da União Europeia, assim como os Estados Unidos, Canadá e Brasil tem promovido políticas a fim de buscar tanto o impulso tecnológico do mercado quanto o desenvolvimento deste, de forma que se aumente a demanda pelos biocombustíveis e melhore a competitividade dos seus custos. Os mandatos de mistura de biocombustíveis e os incentivos tributários já vem sendo adotados há várias décadas mostrando impacto positivo no mercado, mais recentemente, porém, têm surgido as políticas focadas na descarbonização de transportes que envolvem o padrão de combustível de baixo carbono. Além disso, no que diz respeito às políticas de precificação do carbono, mundialmente, já existem mais de 60 iniciativas, as quais envolvem desde a comercialização até a taxaço das emissões (EBADIAN et al., 2020; MANDEGARI; EBADIAN; SADDLER, 2023; MARTINELLI et al., 2022).

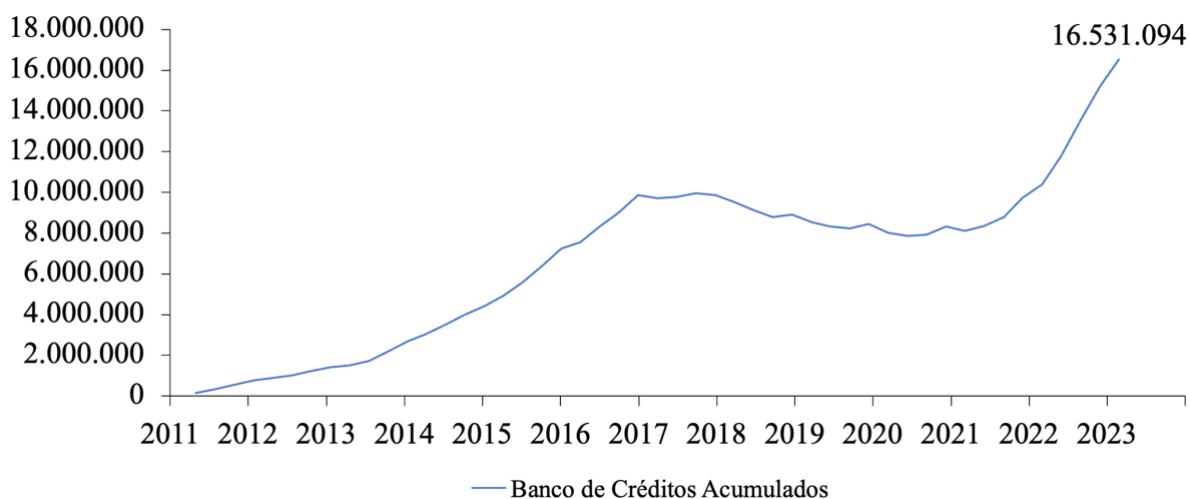
3.7.1 O Low Carbon Fuel Standard (LCFS) no estado da Califórnia

Nos EUA, o *Low Carbon Fuel Standard* (LCFS) está em vigor nos estados da Califórnia (que foi pioneiro na implantação do programa) e de Oregon. Além de fazer com que a produção ganhe mais eficiência, o programa incentiva e viabiliza a produção de biocombustíveis avançados com baixa pegada de carbono como o etanol celulósico, assim como os combustíveis “*drop-in*”, os quais são produzidos a partir de óleos vegetais e gordura animal, a exemplo do diesel renovável, gerando uma tendência de que haja mais investimentos públicos e privados no setor. Este tipo de política gera incentivo ainda para que aumente o uso de outras energias renováveis para a geração de calor e eletricidade como

o biogás, a hidroeletricidade e a biomassa de resíduos agrícolas e florestais, as quais diminuem a quantidade de carbono emitida pelas indústrias, fazendo com que estas sejam mais bem recompensadas pela política (EBADIAN et al., 2020; MANDEGARI; EBADIAN; SADDLER, 2023).

Implementado na Califórnia desde o ano de 2011 com o objetivo de aumentar o uso de combustíveis de baixo carbono, o LCFS, utiliza da metodologia da avaliação do ciclo de vida para analisar quais as emissões diretas e indiretas de GEE associadas aos combustíveis, por meio da qual atribui-se um *score* a cada um destes, o qual é comparado com um *benchmark* anual do programa que visa diminuir as emissões dos combustíveis ano a ano, permitindo com que sejam gerados créditos de carbono caso este *score* esteja abaixo dos valores de referência de intensidade de carbono (CI), os quais podem ser vendidos no mercado e utilizados para cumprir as obrigações de CI de empresas que estejam em *déficit* em relação às metas estabelecidas pelo LCFS. Os créditos mensurados em *metric tons* (MT), ou seja, toneladas de GEE, são comercializados desde o início da implementação da política, a qual já gerou um banco de créditos de mais de 16 milhões de unidades até o primeiro trimestre de 2023. O gráfico 16 apresenta a evolução do banco de créditos gerados pela LCFS na Califórnia desde o início da política no início de 2011 até o primeiro trimestre de 2023 (CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD, 2023).

Gráfico 16. Evolução do Banco de Créditos da LCFS na Califórnia (em MT)

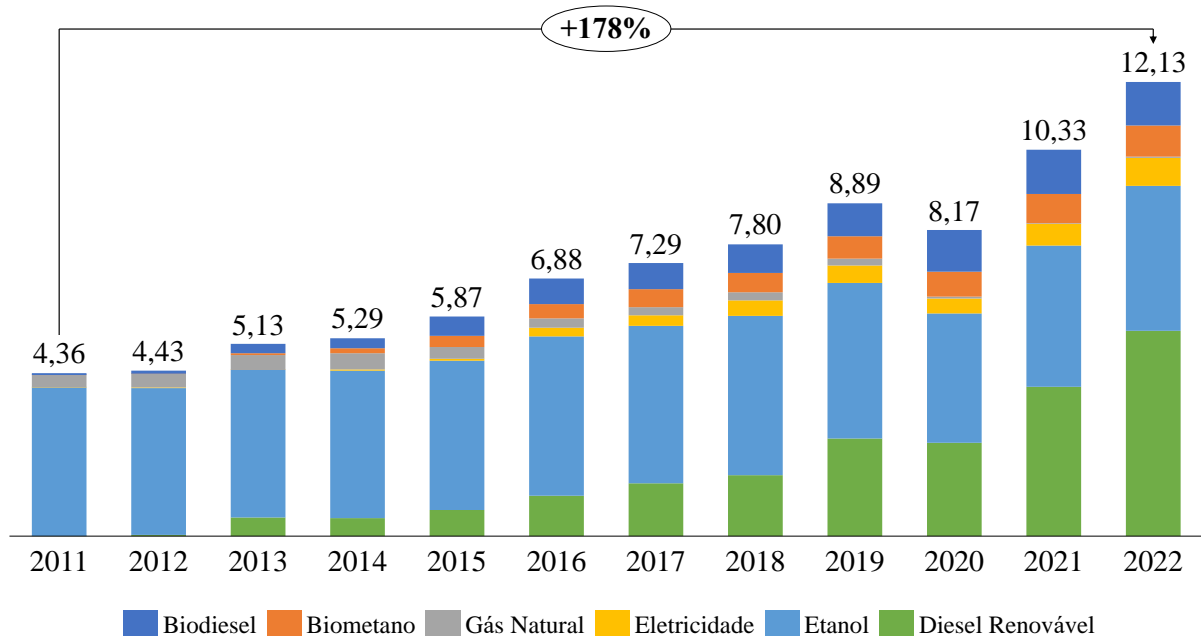


Fonte: California Air Resources Board (2023).

Após a implementação do LCFS os combustíveis alternativos de baixo carbono quase triplicaram na Califórnia, passando de 4,36 bilhões de litros equivalentes de gasolina (GLE)

em 2011 para 12,13 bilhões em 2022, o que representa um crescimento de 178%. Esta evolução é apresentada no gráfico 17. Até 2022 a política já diminuiu em 10% a intensidade de carbono dos combustíveis no estado e espera-se que até 2030 esta seja reduzida em pelo menos 20% em relação a 2011 (CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD, 2023).

Gráfico 17. Evolução do uso de combustíveis de baixo carbono na Califórnia (em bilhões de GLE)



Fonte: California Air Resources Board (2023).

O bom desempenho do LCFS na América do Norte de forma geral, relaciona-se com a ampla aceitabilidade da política por parte da população. No estado da Califórnia nota-se o surgimento do consumo de combustíveis que anteriormente à política eram praticamente inexistentes na região. Esta é uma relevante evidência que mostra a importância da política não somente na redução de GEE, mas no desenvolvimento tecnológico que houve após a sua adoção (AXSEN; WOLINETZ, 2023; CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD, 2023; EBADIAN et al., 2020).

3.7.2 A Renewable Energy Directive (RED) na União Europeia

Na União Europeia a Renewable Energy Directive (RED) foi estabelecida inicialmente no ano de 2009 com o objetivo de que 20% da matriz energética dos países do grupo se tornasse renovável até o ano de 2020 e 10% da energia utilizada no setor de transportes fosse produzida a partir de fontes renováveis. Em 2018 a política foi renovada,

por meio da diretiva 2018/2001, iniciando-se uma segunda fase, a qual está em vigor atualmente e é tratada com RED II. Nesta, definiram-se as metas de uso de energias renováveis para o período entre 2021 e 2030, as quais devem atingir pelo menos 32% de representatividade no consumo final bruto de energia e 14% no consumo energético do setor de transportes, havendo também metas específicas para cada um dos países da União Europeia (COELHO et al., 2021; EUR-LEX, 2022; USDA, 2023a).

Além disso, a RED II estabelece diversos critérios de sustentabilidade que devem ser seguidos. Em relação aos biocombustíveis, biolíquidos e combustíveis biomássicos, por exemplo, estes não podem ser produzidos a partir de matérias-primas originárias de terrenos ricos em biodiversidade como florestas primárias ou terrenos de pastagens naturais (EUR-LEX, 2022; STUBENRAUCH; GARSKE, 2023; USDA, 2023a).

A política incentiva ainda a produção de biocombustíveis avançados a partir de diversas fontes para que estes representem 3,5% do consumo energético do setor de transportes até 2030. Dentre elas estão os resíduos da indústria de óleo de palma, os resíduos urbanos, o óleo de cozinha usado, a glicerina bruta, os resíduos industriais não adequados para a utilização na cadeia alimentar, os resíduos de origem animal, a palha e outros materiais lignocelulósicos (EUR-LEX, 2022; USDA, 2023a).

No dia 12 de setembro de 2023, o Parlamento da União Europeia aprovou formalmente novas alterações na Renewable Energy Directive, devendo desta forma ser implementada a RED III. Com as novas alterações a nova diretiva a meta de uso de energias renováveis deverá superar de forma geral 42,5% e 29% no setor de transportes até 2030. As alterações reforçaram ainda o compromisso com a manutenção da biodiversidade que deve ser garantida, assim como a qualidade do solo (ICIS, 2023; STUBENRAUCH; GARSKE, 2023).

3.7.3 A Política Nacional de Biocombustíveis no Brasil: o Programa RenovaBio

Em dezembro de 2017, com o objetivo de atender às metas de redução de emissões de GEE, foi instituída no Brasil a Política Nacional de Biocombustíveis, o programa chamado RenovaBio. Com a assinatura do Acordo de Paris, o país comprometeu-se a reduzir as emissões em 37% até 2025 e em 43% até 2030 em comparação aos níveis de emissões do ano de 2005. Diferentemente de outros países, no Brasil a maior parte das emissões geradas na matriz energética é relacionada ao setor de transportes, o qual é responsável por 43% destas, já que a geração de eletricidade no país ocorre em sua maior parte por meio de fontes

renováveis. Devido a este cenário, viu-se a necessidade de desenvolver uma política que garantisse a estabilidade de preços dos biocombustíveis e a sua atratividade econômica, o qual ocorreu com uma grande participação de diversos *stakeholders* do setor de bioenergia do Brasil como empresas, sindicatos, associações e entidades governamentais. Em junho de 2018, foi estabelecida a meta de se reduzir em 10,1% a intensidade de carbono dos combustíveis no país em um período de 10 anos, o equivalente a 591 milhões de toneladas de toneladas de CO₂ (GRASSI; PEREIRA, 2019; LAZARO; THOMAZ, 2021).

Para que seja possível o atingimento deste objetivo foi estabelecida a partir da implementação do RenovaBio a obrigação de compra por parte dos distribuidores de combustíveis dos créditos de descarbonização (CBIOs) gerados pelos produtores de biocombustíveis de acordo com a diferença de intensidade de carbono que existe entre o combustível fóssil e o seu substituto renovável, a qual é calculada por meio da Avaliação do Ciclo de Vida do biocombustível e do uso da ferramenta RenovaCalc. O mecanismo do RenovaBio gera incentivo para que as empresas incorporem novas tecnologias a fim de aumentar a sua eficiência no que diz respeito às emissões de carbono, tendo potencial para ajudar na viabilização do uso, por exemplo, da Captura e Armazenamento de Carbono (CCS) (GRASSI PEREIRA, 2019; RAHMAN et al, 2017).

Um dos maiores diferenciais do RenovaBio em relação a programas existentes em outros países é sua capacidade de permitir com que a sua metodologia seja utilizada para diversos biocombustíveis de forma a compará-los aos seus substitutos fósseis em relação à sua intensidade de carbono, tornando possível a emissão de CBIOs pelos seus produtores, os quais podem ser negociados livremente na bolsa de valores, fazendo com que os preços dos créditos sejam definidos pelas forças de oferta e demanda que regem o mercado. Isso faz com que os créditos de descarbonização sejam títulos com um lastro virtuoso, que é a redução de GEE, permitindo que estes possam ser altamente valorizados como já vem ocorrendo na política de LCFS nos EUA, atraindo assim uma grande quantidade de investidores e gerando maiores receitas que podem ser direcionadas à produção de biocombustíveis e mesmo ao incentivo ao desenvolvimento de novas rotas de produção como a produção de etanol a partir de microalgas, por exemplo. Além disso, o RenovaBio incorpora diversos critérios que só permitem que sejam gerados CBIOs a partir de biocombustíveis produzidos dentro das leis ambientais e que fazem com que estes não só gerem previsibilidade de preços e competitividade econômica aos biocombustíveis, mas também sirvam como uma ferramenta de mitigação de emissões de carbono e preservação ambiental a nível nacional; estudos mostram ainda, que o RenovaBio tem potencial de contribuir para o atingimento de mais da

metade dos objetivos de desenvolvimento sustentável estabelecidos pela ONU por meio da Agenda 2030, todos esses fatores contribuem para a promoção da credibilidade da política mundialmente, para o sucesso da mesma e da sua abordagem de “finanças verdes” para acelerar a transição energética no Brasil (GRASSI; PEREIRA, 2019; KLEIN et al., 2019; LAZARO et al., 2023; MARTINELLI et al., 2022).

Com a implementação do RenovaBio e da meta de redução de 11% da intensidade de carbono dos combustíveis, o consumo de etanol deve crescer em quase 90% nos veículos de ciclo Otto, podendo haver uma queda de aproximadamente 50% no consumo da gasolina até 2029. Em relação ao ciclo diesel deve haver um impacto positivo de 1,1% na sua produção neste mesmo período. Neste cenário, o preço do etanol pode sofrer uma redução próxima a 15%, enquanto o da gasolina deve subir por volta de 37%. Já o efeito da política no preço do diesel deve fazer com que este suba em no máximo 1%. Devido principalmente ao aumento do consumo do etanol em substituição ao da gasolina, causando a elevação da produção do biocombustível e a diminuição das importações do fóssil, o RenovaBio deve gerar impacto positivo no PIB brasileiro a partir do ano de 2027, o qual deve atingir 0,084% em 2029. Com o atingimento das metas propostas, o preço do CBIO deve apresentar tendência de alta devendo atingir um preço de equilíbrio de R\$ 223,35. Além disso, o RenovaBio deve fazer com que haja uma redução de 2,7% no uso de áreas florestais considerando-se o seu impacto até o ano de 2029 (RIBEIRO; DA CUNHA, 2022).

Desde a sua criação em 2017 e implementação que ocorreu entre 2019 e 2020, o RenovaBio esteve em um cenário de incertezas no que diz respeito a questões técnicas, socioeconômicas e institucionais. Logo no primeiro ano de pleno funcionamento do programa, em 2020, o Brasil e o mundo sofreram impacto da pandemia de COVID-19. Um dos mercados que esteve entre os mais afetados foi o de combustíveis, o qual sofreu já vinha sofrendo oscilações devido a questões macroeconômicas da época e veio a ter um forte impacto negativo na sua demanda devido ao isolamento social que houve no período e, conseqüentemente, no seu preço. Diversas empresas produtoras de etanol tiveram seus contratos de fornecimento cancelados, havendo também uma expressiva queda nas vendas do produto, impacto nos custos de produção e diversos problemas financeiros. Tornou-se mais vantajoso para muitas mudar o seu mix de produção para produzir mais açúcar. Nesse contexto, foi necessária a revisão das metas de aquisição de CBIOs por parte das distribuidoras de combustíveis, a qual foi reduzida em 50% em 2020, sendo retomada de forma progressiva até atingir uma redução de 10% em 2029 (GRANGEIA; SANTOS; LAZARO, 2022).

Existem ainda algumas questões que ainda não são consideradas no que diz respeito ao uso da terra e à rastreabilidade da produção na Análise do Ciclo de Vida da empresa no momento da obtenção da certificação RenovaBio. Sabe-se que para que haja o aumento da produção da cana-de-açúcar é necessário a utilização de um maior volume terras. Nesse contexto, não só o aumento do preço da terra pode se tornar uma preocupação, como também o impacto ambiental que a produção de biocombustíveis pode gerar ao substituir as pastagens e outras culturas, fazendo com que estas migrem para novas terras, exigindo a abertura de novas áreas. Já sobre a rastreabilidade do processo produtivo dos biocombustíveis, devido ao seu grande foco em analisar a pegada de carbono, este acaba por ter uma lacuna em relação à pegada hídrica do processo; este é um importante quesito que impacta o meio ambiente que ainda precisa ser aprimorado. Há ainda uma grande dificuldade de se medir a rastreabilidade da soja devido ao fato desta ser originária de uma grande quantidade de fornecedores diferentes e muitas vezes importada, o que gera um problema de baixa elegibilidade deste tipo de matéria-prima. Outro ponto que ainda precisa ser aprimorado é a rastreabilidade dos fertilizantes, pesticidas e outros produtos químicos do processo produtivo, os quais são também relevantes ambientalmente e precisam ser mais bem incorporados aos critérios de sustentabilidade (CHERUBIN et al., 2021; GRANGEIA; SANTOS; LAZARO, 2022; LAZARO; GIATTI, 2021).

O RenovaBio tem papel importante na promoção da expansão de mercados de biocombustíveis ainda em desenvolvimento no Brasil como os de biogás e etanol de segunda geração. Discute-se ainda o potencial de expansão da comercialização dos CBIOs no mercado internacional de carbono, porém, há ainda questões jurídicas relacionadas aos títulos que estão em processo de aprimoramento. É necessário que a regulamentação destes títulos esteja em consonância com o que é previsto do Artigo 6 do Acordo de Paris e a criação de um sistema que garanta que não haja duplicidade de emissões dos créditos. A tributação dos CBIOs permanece em discussão dentre outras questões que poderiam ser mais bem estabelecidas por meio de um marco legal, assim como um possível limite de preços para os CBIOs de forma semelhante ao que existe no LCFS na Califórnia (GRANGEIA; SANTOS; LAZARO, 2022).

Apesar de ainda existirem algumas lacunas que fazem com que haja uma certa incerteza e insegurança jurídica no RenovaBio que ainda precisa estar mais bem alinhado com outras políticas e legislações do sistema jurídico brasileiro, o setor de biocombustíveis percebe a política como importante para a geração de oportunidades de desenvolvimento no país. Para uma maior previsibilidade do programa discute-se o estabelecimento de um prazo

para que os produtores coloquem os CBIOS no mercado, já que atualmente existe apenas o prazo de cumprimento das metas por parte dos distribuidores. A sazonalidade da produção das matérias-primas dos biocombustíveis e o impacto dos riscos climáticos inerentes aos negócios também podem impactar o mercado e gerar instabilidade. O estabelecimento de regras claras que guiem a política é de grande relevância para a promoção da sua estabilidade, sendo importante ainda uma melhor análise do impacto do programa no setor de transportes de forma mais ampla como na aviação e que envolva também questões técnicas relacionadas aos veículos nos quais os biocombustíveis são utilizados (COMINETI; PRETEL; SCHLIDWEIN, 2023; NUSDEO et al., 2023).

De forma geral, o RenovaBio ainda é uma política de recente implementação e ainda precisa de uma melhor institucionalização por parte do estado brasileiro. Para o seu sucesso é importante que existam esforços também do setor privado na promoção dos biocombustíveis e do RenovaBio para que haja por parte da sociedade um reconhecimento da sua importância. Este fator não só afeta a demanda pelos produtos do setor, mas também deve fazer com que haja uma melhor aceitação da política brasileira de biocombustíveis, gerando uma implementação de forma mais bem sucedida (COMINETI; PRETEL; SCHLIDWEIN, 2023; DESSI et al., 2022).

4. METODOLOGIA

4.1 Métodos e Técnicas

O método e as técnicas utilizadas buscam compreender o cenário atual do mercado de bioenergia, o funcionamento do RenovaBio e a visão de agentes envolvidos no setor de bioenergia a respeito do programa a fim de mapear possíveis melhorias para a política e como implementá-las. A seguir são apresentados os instrumentos metodológicos utilizados para que fossem alcançados os objetivos gerais e específicos da pesquisa.

4.2 Tipo de Pesquisa

O presente estudo foi realizado por meio de uma pesquisa qualitativa de caráter exploratório. Este tipo de estudo foi escolhido por possuir as principais características que se adequam ao proposto: permitir por ser qualitativo, que se adquira uma grande quantidade de uma informação utilizando uma amostra reduzida, e por ser exploratório que haja

intimidade com o problema de estudo e que se aperfeiçoe as ideias e respeito do objeto estudado (SELLTIZ et al., 2007).

4.3 As etapas da pesquisa

O desenvolvimento desta pesquisa foi realizado por meio de três etapas que consistem em: (1) compreender o cenário atual do mercado de bioenergia e as principais variáveis relacionadas a este; (2) compreender o funcionamento e o panorama atual do Programa RenovaBio e (3) mapear os principais pontos relacionados ao desenvolvimento do RenovaBio, sugerir melhorias para a política e como implementá-las. Para isso, foram utilizados os instrumentos descritos a seguir.

4.3.1 Pesquisa bibliográfica ou *desk research* e a análise documental

Ao se realizar uma pesquisa bibliográfica ou *desk research* tem-se o objetivo de se levantar informações que envolvam todo o desenvolvimento do assunto estudado e publicado a respeito do tema de pesquisa escolhido. Já por meio da análise documental são analisadas fontes consideradas não científicas como relatórios de mercado, sites e notícias especializadas (MARCONI; LAKATOS, 2012; OLIVEIRA, 2013).

Por meio desta etapa da pesquisa foram analisadas as informações a respeito do cenário atual do mercado de bioenergia e as principais variáveis relacionadas a este, além de ter sido levantada a literatura recente a respeito da política do RenovaBio, as quais foram apresentadas no capítulo 3 desta pesquisa. A visão geral do programa, o mecanismo de funcionamento e o histórico e a evolução recentes apresentados na seção de resultados foram também elaborados com base na análise documental, a qual foi obtida nesta parte, principalmente, a partir dos sites do MME e da ANP.

4.3.2 Estudo de caso

Um estudo de caso trata-se de um método de pesquisa no qual utilizam-se dados qualitativos provenientes de eventos reais, com o objetivo de se explicar, explorar ou descrever um determinado fenômeno ou evento. Um estudo de caso único adequa-se ao estudo de um fenômeno que pode ser tratado como comum, ou seja, ocorre de forma similar

para todos os outros casos. A implantação do RenovaBio em uma empresa se encaixa nesta situação já que ele se trata de uma política nacional e possui regras semelhantes para diferentes companhias que desejem participar desta (YIN, 2015).

A fim de se compreender a implantação da política do RenovaBio sob a visão empresarial e o seu funcionamento se realizou nesta pesquisa um estudo de caso único com uma empresa produtora de etanol de cana-de-açúcar por meio de entrevistas semiestruturadas com o gestor do grupo de usinas e o responsável pela implementação do programa e da utilização de documentos internos fornecidos pela empresa. Para sistematizar os resultados obtidos foi escolhida a abordagem BPM (*Business Process Management*) e a sua notação BPMN (*Business Process Model and Notation*) para que fossem desenhados e representados os processos relacionados à implantação desta política na empresa (AVILA et al., 2020).

A abordagem *Business Process Management* (BPM) diferencia-se de diversas formas quando comparada à gestão tradicional e funcional. O BPM é útil, principalmente, para tarefas nas quais necessita-se da integração de diversos setores de uma empresa e entre esta e várias organizações, como no caso do RenovaBio, o tema da presente pesquisa, para que se promova maior eficiência, eficácia, produtividade e qualidade (MADDERN, 2014; SMART; MADDERN; MAULL, 2009). Tanto nas entrevistas realizadas quanto na análise dos documentos fornecidos pela empresa para a realização do estudo de caso, tentou-se relacionar aspectos existentes na adoção do RenovaBio que mostrassem os desafios e vantagens na implementação da política e se o uso da abordagem BPM seria capaz de tornar mais fácil a realização dos processos relacionados a esta tarefa.

Para o estudo das forças, fraquezas, oportunidades e desafios inerentes à implantação da política na empresa escolheu-se realizar ao final do estudo de caso único uma análise SWOT, a qual possui a vantagem de conectar de forma simplificada fatores internos e externos para a criação de novas estratégias (PHADERMROD; CROWDER; WILLS, 2019). O protocolo do estudo de caso é apresentado no quadro a seguir:

Quadro 3. Protocolo de estudo de caso

Questões de estudo	Quais os principais desafios relacionados à implementação do RenovaBio? Como a utilização da abordagem BPM pode facilitá-la?
Unidade de análise	Implementação do Programa RenovaBio por usinas produtoras de etanol de cana-de-açúcar
Limite de Tempo	Do final 2019 até junho de 2020
Local	Indústrias de produtoras de etanol do interior de São Paulo
Validade dos construtos	Comparação do que se espera com base na proposta da política e o que ocorre na implementação em usinas produtoras de etanol.
Validade interna	Entrevistas com o diretor do grupo de usina e com o especialista da área ambiental responsável pela sua implementação e análise de documentos internos disponibilizados pela companhia
Questões principais do estudo de caso	Quais os passos relacionados ao processo de obtenção da certificação? E em relação à emissão e à negociação dos CBIOs? Quais foram os desafios principais enfrentados pela empresa no decorrer deste processo?

Fonte: elaborado pelo autor.

Para a realização das entrevistas semiestruturadas foram elaboradas 10 perguntas por meio das quais buscou-se compreender a implantação do RenovaBio na empresa sob a abordagem BPM. Estas estão listadas no Quadro 4:

Quadro 4. Questionário para entrevistas semiestruturadas

Questões do estudo de caso da implantação RenovaBio
Qual a finalidade da obtenção da certificação do RenovaBio?
Qual a importância da certificação?
Qual a primeira etapa para se conseguir a certificação? Havia instruções claras?
Havia prazo para o início do projeto de obtenção da certificação? Qual o limite de tempo estabelecido?
Quem foi o responsável pela gestão desse projeto? Quais unidades e áreas da empresa foram envolvidas?
Quais as etapas gerais para a obtenção da certificação RenovaBio?
Foram necessárias mudanças em relação aos processos da empresa para se conseguir a certificação?
Poderia citar os desafios enfrentados durante a jornada relacionada à certificação?
Após a empresa conseguir a certificação, quais foram os passos seguintes?
Qual o processo e as etapas no que diz respeito à negociação dos CBIOS?

Fonte: elaborado pelo autor.

4.3.3 Entrevistas com especialistas envolvidos no setor de bioenergia

Para mapear os principais pontos relacionados ao desenvolvimento do RenovaBio com base na opinião de especialistas, sugerir melhorias para a política e como implementá-las, foram realizadas 15 entrevistas com participantes do setor público e privado, envolvendo empresas, associações e instituições de pesquisa, os quais majoritariamente participam da alta gestão destas. Diversos dos entrevistados participaram de forma direta e indireta da elaboração do RenovaBio e representam ou representaram o setor e diversas das suas entidades de forma relevante. O Quadro 5 apresenta os participantes da pesquisa as organizações representadas por estes e os seus respectivos cargos.

Quadro 5. Lista de entrevistados do setor de bioenergia

Entrevistado	Cargo	Organização	Descrição
1	Presidente	Cosag/Fiesp	Órgão técnico estratégico da área do agronegócio na Federação das Indústrias de SP
2	Diretor Técnico	UNICA	Entidade representativa das usinas do setor de cana-de-açúcar do centro-sul do Brasil
3	Ex-Diretor de Biocombustíveis	MME	Órgão que tem como responsabilidade a gestão da política energética do Brasil
4	Ex-Diretor Executivo	ORPLANA	Organização que representa todas as associações de produtores de cana do Brasil
5	Presidente	SIAMIG	Entidade que representa as indústrias sucroenergéticas do estado de MG
6	Chefe de Relações Internacionais	EMBRAPA	Principal empresa pública brasileira de desenvolvimento de pesquisa agropecuária
7	Presidente do Conselho	BioSul	Entidade que representa os produtores de bioenergia a partir da cana e do milho em MS
8	Presidente	DATAGRO	Consultoria voltada há mais de 30 anos a empresas do setor do agronegócio
9	Presidente	ABAG	Associação que representa todo o agronegócio brasileiro há mais de 30 anos
10	Secretário de Relações Internacionais	MAPA	Órgão que tem como responsabilidade a gestão da política agropecuária no Brasil
11	Presidente	UISA	Produtora de biocombustíveis no estado de MS
12	Pesquisador	CNPEM	Centro de pesquisa e desenvolvimento tecnológico vinculado Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)
13	Professor/Pesquisador	USP	Universidade mais reconhecida do Brasil nos <i>rankings</i> internacionais
14	Professor/Pesquisador	UFSCAR	Uma das 10 melhores universidades em pesquisa no Brasil
15	Professor/Pesquisador	UFSCAR	Uma das 10 melhores universidades em pesquisa no Brasil

Fonte: elaborado pelo autor.

Para a realização das entrevistas com os especialistas do setor foram elaboradas 3 perguntas de cunho amplo, a fim de captar a maior quantidade de informações possível e dar maior liberdade de resposta a cada um dos entrevistados. O Quadro 6 apresenta estas perguntas.

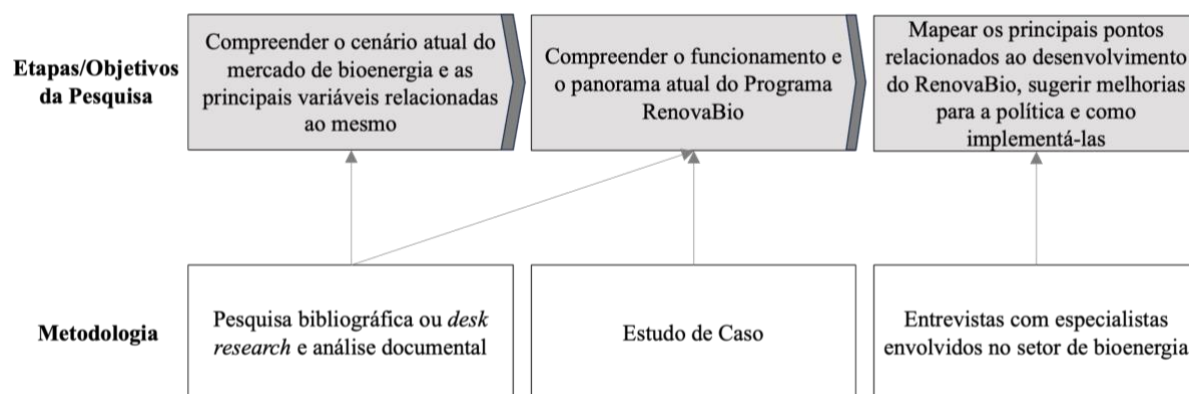
Quadro 6. Questionário para entrevistas com especialistas do setor de bioenergia

Questões utilizadas nas entrevistas com os especialistas do setor de bioenergia
O que o Sr. destaca como principais pontos da história do RenovaBio?
Quais principais aprimoramentos/melhorias o RenovaBio necessita hoje?
Para cada uma destas melhorias, como poderiam ser realizadas (descrever a forma de encaminhamento para que possa ter êxito)?

Fonte: elaborado pelo autor.

A Figura 7 apresenta o resumo metodológico da pesquisa como um todo e a relação de cada parte da metodologia proposta com as etapas da pesquisa e os objetivos alcançados por meio desta.

Figura 7. Resumo metodológico



Fonte: elaborado pelo autor.

5. RESULTADOS

5.1 O RenovaBio

5.1.1 Visão geral

O Programa RenovaBio, é uma política instituída pelo Governo Federal por meio da lei 13.575 do ano de 2017, que visa expandir o setor de biocombustíveis no país e aumentar a sua participação na matriz energética brasileira, colaborando desta forma para a redução das emissões de carbono e para o cumprimento das metas estabelecidas no Acordo de Paris por meio do aumento da produção e do uso de energia limpa e sustentável. Espera-se ainda que com a programa promovam-se ganhos de eficiência energética e um aumento da previsibilidade do mercado de biocombustíveis (MME, 2017; MME, 2020).

Para atingir os seus objetivos, o RenovaBio estabelece metas anuais de descarbonização da matriz energética, as quais são progressivas ano a ano e devem ocorrer a partir do aumento do uso de biocombustíveis, os quais substituirão uma parcela do uso dos combustíveis fósseis. Além disso, ele estabelece o mercado de créditos de descarbonização (CBIOs) e a sua negociação por meio do mercado de capitais, definindo o direito dos produtores de biocombustíveis de emití-los e obrigação legal dos distribuidores de combustíveis fósseis de adquiri-los. De acordo com a capacidade dos produtores de produzir os seus combustíveis renováveis com uma pegada de carbono reduzida em comparação ao seu substituto fóssil, estes podem emitir mais ou menos CBIOs (MME, 2017; MME, 2020).

A partir da implantação deste programa espera-se alcançar três objetivos: (i) promover uma contribuição para o cumprimento do Acordo de Paris e o os compromissos firmados no mesmo pelo Brasil; (ii) expandir de forma adequada a utilização dos biocombustíveis na matriz energética e (iii) fazer como que haja previsibilidade no mercado de biocombustíveis, gerando, desta forma, ganhos de eficiência energética, e a redução da emissão de gases de efeito estufa na produção, assim como na comercialização e utilização dos biocombustíveis (ANP, s.d.c). A respeito dos valores que serviram como guia para a criação do RenovaBio podem ser citados: a competitividade com equidade, a credibilidade, o diálogo, a eficiência, a previsibilidade e a sustentabilidade. Uma das principais inovações do programa quando comparado a outros tipos de políticas setoriais, trata-se do fato deste não utilizar como instrumentos de fomento subsídios ou mesmo a concessão de crédito, além de não prever a cobrança de impostos sobre carbono e a mistura dos biocombustíveis nos combustíveis derivados do petróleo (MME, s.d.c).

5.1.2 O mecanismo de funcionamento

Para alcançar os seus objetivos, o RenovaBio utiliza-se de dois instrumentos: (i) as metas nacionais que estabelecem o quanto deve ser a redução de emissões na matriz de combustíveis e (ii) a certificação de eficiência energético-ambiental da produção de biocombustíveis. No que diz respeito aos produtores, primeiramente, estes precisam realizar o processo de certificação e de avaliação do processo da sua produção de biocombustível, contratando uma empresa certificadora credenciada à ANP. Essa certificação tem como resultado uma nota de eficiência que é dada à empresa, a qual mostra o quanto esse produtor deixa de emitir carbono (em termos de toneladas de CO₂) em relação ao seu substituto fóssil. Após a obtenção da certificação, a companhia pode gerar e comercializar CBIOs, cada um destes correspondendo à uma tonelada de CO₂ que deixa de ser emitido na atmosfera. A sua negociação ocorre na bolsa de valores brasileira, na qual os títulos ficam disponíveis para quaisquer agentes que desejem comprá-los. Os únicos que tem a obrigação de adquiri-los, porém, são as distribuidoras de combustíveis, a quais precisam comprar uma quantidade de CBIOs definida pelas metas individuais atribuídas a estas e pela quantidade de combustíveis comercializada por cada uma (MME, s.d.c).

Como já citado anteriormente, a obtenção da certificação RenovaBio, ocorre por meio da contratação de empresas inspetoras autorizadas, as quais certificam e inspecionam as usinas que desejam aderir à política. As certificadoras têm como responsabilidades realizar a auditoria dos dados da usina e, se for o caso, mostrar os ajustes necessários, para que se calcule a nota do produtor de biocombustíveis de forma fidedigna. Feito isso, essas informações são disponibilizadas para consulta pública para que, após isso, possa se dar continuidade ao processo de obtenção da nota de eficiência energético-ambiental da empresa contratante. Para a determinação da intensidade de carbono dos biocombustíveis, foi desenvolvido um protocolo de avaliação de desempenho ambiental, o qual se baseia na Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), metodologia que considera os impactos de todo o ciclo de vida do produto no meio ambiente. (MME, s.d.c). Para a realização do cálculo utilizado para a obtenção da certificação, as empresas utilizam-se da ferramenta chamada RenovaCalc (figura 8), na qual se faz o registro de tudo o que é gerador de emissões de carbono em todas as fases do processo que envolve desde a produção do biocombustível até a sua venda (MME, 2017).

Figura 8. Ilustração da RenovaCalc utilizada para a certificação de produtores de etanol

RenovaCalc logo and RenovaBio logo with 'Instruções' button.

Etanol combustível de primeira geração produzido a partir de cana-de-açúcar v.7

Nome da Usina: Usina Hipotética
 CNPJ: 00.000.000/0000-00
 Responsável pelo preenchimento:
 Telefone: (00) 0000-0000
 E-mail:



Etanol Anidro		Etanol Hidratado		Fóssil substituído: Gasolina
Intensidade de Carbono (g CO₂eq/MJ)	0,44	Intensidade de Carbono (g CO₂eq/MJ)	0,66	87,40
agrícola	0,00	agrícola	0,00	
industrial	0,00	industrial	0,00	
transporte	0,00	transporte	0,00	
uso	0,44	uso	0,66	
Nota de Eficiência Energético-Ambient (g CO₂eq/MJ)	86,96	Nota de Eficiência Energético-Ambient (g CO₂eq/MJ)	86,74	
Redução de emissões	99,50%	Redução de emissões	99,24%	


Navigation bar: CONTROLE_DE_REVISOES | INSTRUÇÕES | **RENOVACALC E10G** | DADOS_AGRICOLAS_PRIMARIO | DADOS_AGRICOLAS_PADRAO | INFORMACOES_ELEGIBILIDADE | +

Fonte: ANP (2021).

Podem obter a certificação RenovaBio os produtores de biocombustíveis como: o etanol de primeira e segunda gerações produzido a partir da cana-de-açúcar e do milho, o biodiesel feito de soja, gordura bovina, entre outros, o bioquerosene produzidos pelas rotas HEFA (“Hydro-processed Esters and Fatty Acids”) e SIP (“Synthesized Iso-Paraffin”), assim como o biometano de resíduos da agroindústria, como o setor sucroenergético e outros como do processamento de carne e lixo urbano (MME, 2017). Para conseguir a certificação tais produtores devem dispor dos dados: (i) à montante do processo agrícola (insumos e infraestrutura); (ii) do processo agrícola (iii); do processo agroindustrial e da (iv) distribuição do biocombustível. A Figura 9 apresenta os parâmetros quantificados na fase agrícola da produção de etanol de cana-de-açúcar:

Figura 9. Parâmetros quantificados pelo RenovaBio na fase agrícola da produção de etanol de cana-de-açúcar



Etanol combustível de primeira geração produzido a partir de cana-de-açúcar
v.7

Fase agrícola - Dados Consolidados

Informações gerais

Área total	0,00	ha	
Produção total colhida para moagem	0,00	t cana	
Quantidade comprada pela unidade produtora de biocombustível	0,00	t cana	
Teor de impurezas vegetais (base úmida)	0,00	kg/t cana	Umidade <input style="width: 50px;" type="text" value="0,00%"/>
Teor de impurezas minerais	0,00	kg/t cana	
Palha recolhida (base seca)	0,00	t palha	

Área Queimada

Área queimada	0,00	ha
---------------	------	----

Corretivos

Calcário calcítico	0,00	kg/t cana
Calcário dolomítico	0,00	kg/t cana
Gesso	0,00	kg/t cana

Fertilizantes Sintéticos

Ureia	0,00	kg N/t cana
Fosfato monoamônico (MAP)	0,00	kg N/t cana
Fosfato monoamônico (MAP)	0,00	kg P ₂ O ₅ /t cana
Fosfato diamônico (DAP)	0,00	kg N/t cana
Fosfato diamônico (DAP)	0,00	kg P ₂ O ₅ /t cana
Nitrato de amônio	0,00	kg N/t cana
Solução de nitrato de amônio e ureia (UAN)	0,00	kg N/t cana
Amônia anidra	0,00	kg N/t cana
Sulfato de amônio	0,00	kg N/t cana
Nitrato de amônio e cálcio (CAN)	0,00	kg N/t cana
Superfosfato simples (SSP)	0,00	kg P ₂ O ₅ /t cana
Superfosfato triplo (TSP)	0,00	kg P ₂ O ₅ /t cana
Cloreto de potássio (KCl)	0,00	kg K ₂ O/t cana
Outros	0,00	kg N/t cana
Outros	0,00	kg P ₂ O ₅ /t cana
Outros	0,00	kg K ₂ O/t cana

Fertilizantes Orgânicos/Organominerais

Vinhaça	0,00	L/t cana	Concentração de N	0,00	g N/L
Torta de Filtro (base úmida)	0,00	kg/t cana	Concentração de N	0,00	g N/kg
Cinzas e fuligem (base úmida)	0,00	kg/t cana	Concentração de N	0,00	g N/kg
Outros	0,00	kg/t cana	Concentração de N	0,00	g N/kg
Outros	0,00	kg/t cana	Concentração de N	0,00	g N/kg



Combustíveis e eletricidade

Diesel - B10	0,00	L/t cana	
Diesel - B11	0,00	L/t cana	
Diesel - B15	0,00	L/t cana	
Diesel - BX	0,00	L/t cana	Teor de biodiesel na mistura <input style="width: 50px;" type="text" value="0,00%"/>
Diesel - B20	0,00	L/t cana	
Diesel - B30	0,00	L/t cana	
Biodiesel - B100	0,00	L/t cana	
Gasolina C	0,00	L/t cana	
Etanol hidratado	0,00	L/t cana	
Biometano de terceiros	0,00	Nm ³ /t cana	
Biometano próprio	0,00	Nm ³ /t cana	
Eletricidade da rede - mix médio	0,00	kWh/t cana	
Eletricidade - PCH	0,00	kWh/t cana	
Eletricidade - biomassa	0,00	kWh/t cana	
Eletricidade - eólica	0,00	kWh/t cana	
Eletricidade - solar	0,00	kWh/t cana	

Fonte: MME (2021).

Já a figura 10 apresenta os parâmetros quantificados na fase industrial da produção de etanol de cana-de-açúcar:

Figura 10. Parâmetros quantificados pelo RenovaBio na fase industrial da produção de etanol de cana-de-açúcar

v.7

Fase industrial - processamento do etanol

Processamento e rendimentos

Quantidade de cana processada	<input type="text"/>	t cana	
Quantidade de palha processada (base seca)	<input type="text"/>	t palha	
Rendimento Etanol Anidro	<input type="text"/>	L/t cana	
Rendimento Etanol Hidratado	<input type="text"/>	L/t cana	
Rendimento Açúcar	<input type="text"/>	kg/t cana	
Rendimento Energia Elétrica Comercializada	<input type="text"/>	kWh/t cana	
Rendimento Bagaço Comercializado (base úmida)	<input type="text"/>	kg/t cana	Umidade <input type="text"/>

Combustíveis e eletricidade

Bagaço próprio

Quantidade (base úmida)	<input type="text"/>	kg/t cana	
Umidade	<input type="text"/>		

Palha própria

Quantidade (base úmida)	<input type="text"/>	kg/t cana	
Umidade	<input type="text"/>		

Bagaço de terceiros

Quantidade (base úmida)	<input type="text"/>	kg/t cana	
Umidade	<input type="text"/>		
Distância de transporte	<input type="text"/>	km	

Palha de terceiros

Quantidade (base úmida)	<input type="text"/>	kg/t cana	
Umidade	<input type="text"/>		
Distância de transporte	<input type="text"/>	km	

Cavaco de madeira

Quantidade (base úmida)	<input type="text"/>	kg/t cana	
Umidade	<input type="text"/>		
Distância de transporte	<input type="text"/>	km	

Lenha

Quantidade (base úmida)	<input type="text"/>	kg/t cana	
Umidade	<input type="text"/>		
Distância de transporte	<input type="text"/>	km	

Resíduos florestais

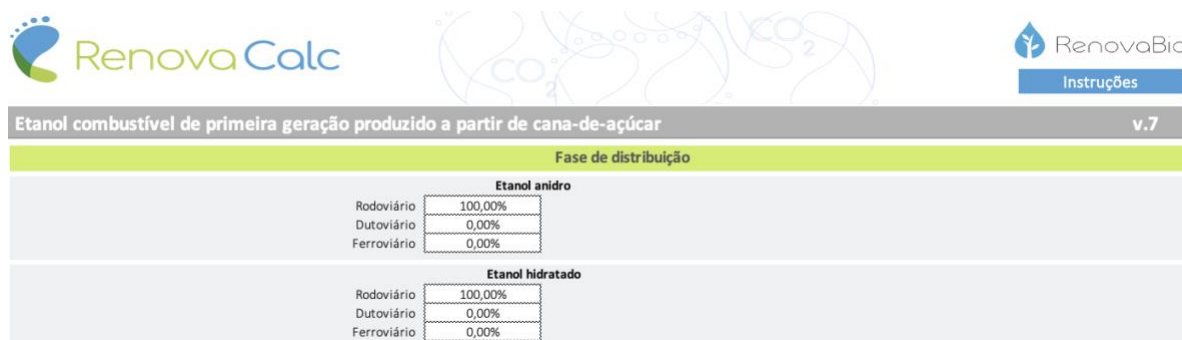
Quantidade (base úmida)	<input type="text"/>	kg/t cana	
Umidade	<input type="text"/>		
Distância de transporte	<input type="text"/>	km	

Óleo combustível	<input type="text"/>	L/t cana	
Etanol hidratado próprio	<input type="text"/>	L/t cana	
Etanol anidro próprio	<input type="text"/>	L/t cana	
Biogás próprio	<input type="text"/>	Nm ³ /t cana	
Biogás de terceiros	<input type="text"/>	Nm ³ /t cana	PCI do biogás <input type="text"/> MJ/Nm ³
Eletricidade da rede - mix médio	<input type="text"/>	kWh/t cana	PCI do biogás <input type="text"/> MJ/Nm ³
Eletricidade - PCH	<input type="text"/>	kWh/t cana	
Eletricidade - biomassa	<input type="text"/>	kWh/t cana	
Eletricidade - eólica	<input type="text"/>	kWh/t cana	
Eletricidade - solar	<input type="text"/>	kWh/t cana	
Diesel - B10	<input type="text"/>	L/t cana	
Diesel - B11	<input type="text"/>	L/t cana	
Diesel - B15	<input type="text"/>	L/t cana	
Diesel - BX	<input type="text"/>	L/t cana	Teor de biodiesel na mistura <input type="text"/>
Diesel - B20	<input type="text"/>	L/t cana	
Diesel - B30	<input type="text"/>	L/t cana	
Biodiesel - B100	<input type="text"/>	L/t cana	

Fonte: MME (2021).

Na figura 11 são apresentados os parâmetros considerados a respeito da fase de distribuição, trazendo como exemplo o etanol de cana-de-açúcar assim como nas ilustrações anteriores:

Figura 11. Parâmetros quantificados pelo RenovaBio na fase de distribuição do etanol de cana-de-açúcar



Fonte: MME (2021).

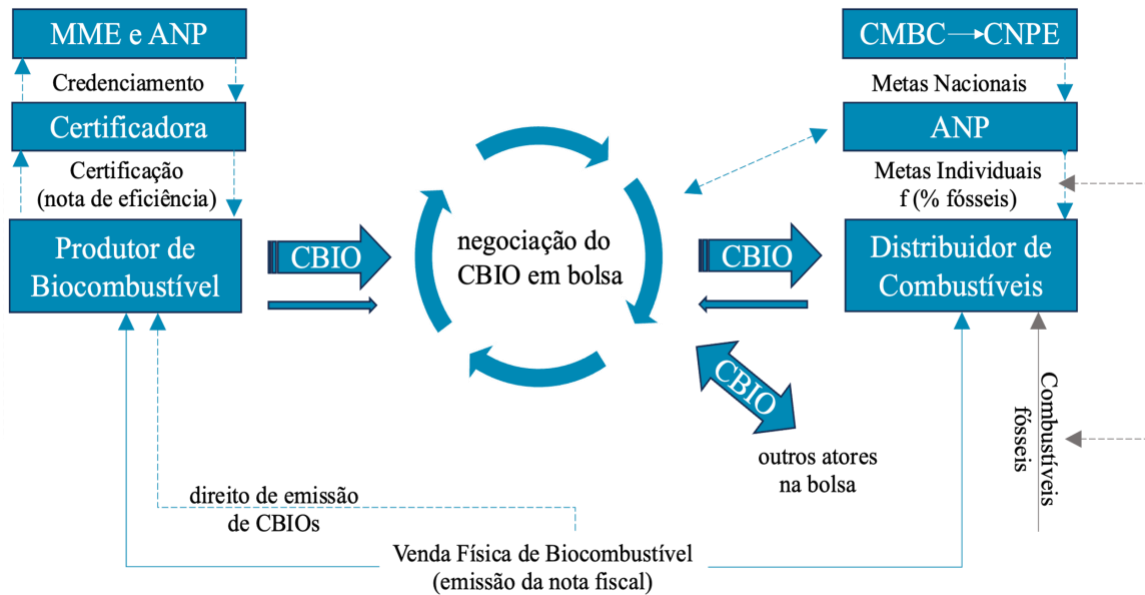
A certificação do RenovaBio tem como característica incentivar a constante redução das emissões de carbono na produção, já que isso faz com que empresas sejam capazes de aumentar a nota obtida na sua certificação e, com isso, gerar e comercializar mais CBIOs, obtendo assim uma maior receita por meio da sua participação na política, promovendo também um maior nível de descarbonização na matriz energética. Por outro lado, há ainda um efeito positivo no que diz respeito ao planejamento, assim como no controle e no monitoramento dos processos envolvidos à produção dos biocombustíveis, já que é necessário que haja uma maior rastreabilidade, a qual envolve desde a produção da matéria-prima até a logística envolvida em todos os elos da cadeia produtiva e a distribuição dos combustíveis renováveis. Com isso, gera-se uma maior integração entre os agentes do setor, tornando este mais eficiente e com potencial de obter melhor rentabilidade (MME, 2017).

Após obter a sua certificação, a empresa adquire o direito de gerar pré-CBIOs, proporcionalmente a sua quantidade vendida de biocombustíveis. Com a contratação de uma instituição financeira é feito o processo de validação da existência da operação da usina que serve como lastro aos CBIOs para que possa ser realizada a escrituração desses créditos de descarbonização, os quais finalmente tornam-se ativos financeiros que podem ser vendidos no mercado por meio da bolsa de valores (ANBIMA, 2020; MME, 2017).

Ao final desse processo responsável por tornar os pré-CBIOs em CBIOs, os títulos podem ser comprados no mercado por quaisquer agentes que se interessarem. Quando comprados pelas distribuidoras de combustíveis, a pedido destas, estes créditos de descarbonização são “aposentados”, ou seja, são retirados definitivamente de circulação e não podem ser negociados novamente (ANBIMA, 2020; MME, 2017).

A Figura 12 elaborada a partir de dados do Ministério de Minas e Energia esquematiza de maneira geral o funcionamento do programa:

Figura 12. O Funcionamento do RenovaBio



Fonte: MME (2017).

O funcionamento do RenovaBio revela uma característica notável do programa, a proposição de mecanismos de indução de mercados por meio de mecanismos automáticos de correção (indução do equilíbrio pelo próprio mercado) e mecanismos por ato administrativo (exógenos ao mercado). Destaca-se também seu papel de regulamentar o mercado para que ele não sofra fortes desequilíbrios. Nota-se ainda que o proposto pelo RenovaBio é que não haja transmissão automática de preços do CBIO a um produtor específico, dado que este pode adquirir CBIOs de forma descasada com a comercialização do biocombustível, permitindo que esta opere no mercado de forma a tentar minimizar o preço médio da aquisição de CBIOs no tempo (MME, 2017).

5.1.3 O histórico e a evolução recente do RenovaBio

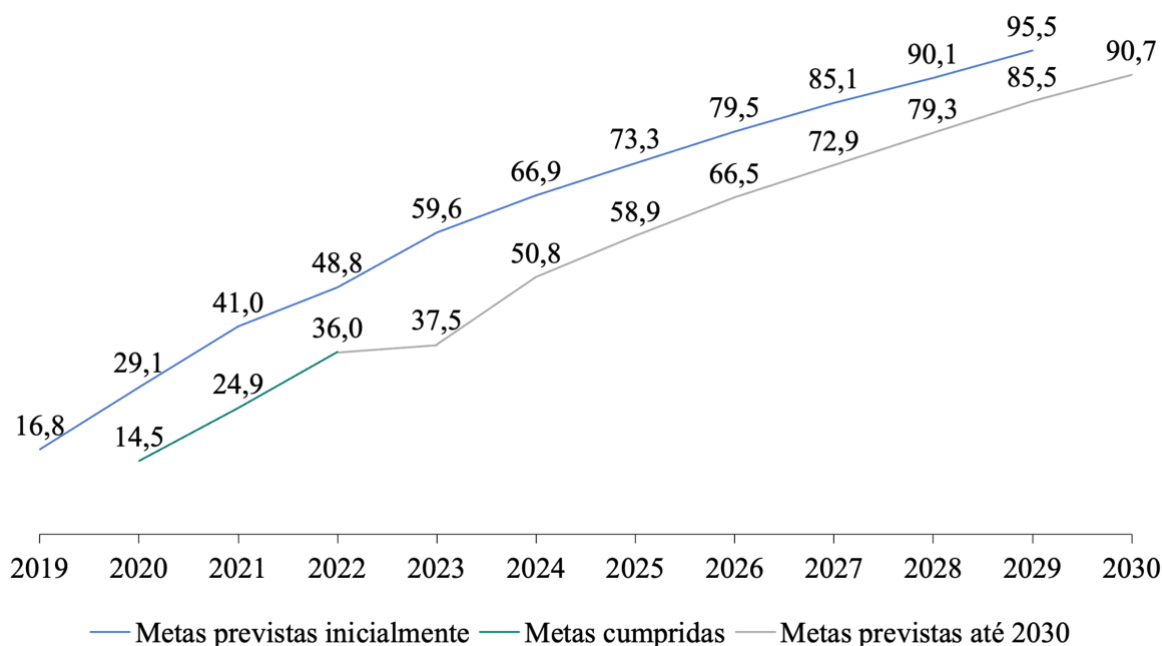
Estima-se que o fomento promovido na expansão dos biocombustíveis agregue até R\$ 1,4 trilhão em investimentos até 2030 e incentive o surgimento de 24 novas unidades de produção de etanol e promova a expansão de 31, aumentando a produção deste combustível em 25 bilhões de litros. É esperado também o surgimento de 27 novas unidades produtoras de biodiesel e o crescimento anual da produção em 7 bilhões de litros até 2030. Para o biometano, a produção deve crescer para 30,4 milhões de Nm³/dia em 2030, com a criação de 1200 novas unidades (MME, 2017).

As metas do RenovaBio foram deliberadas pela CNPE no ano de 2018, estas, porém, precisaram ser revistas em 2020 após a instauração da pandemia mundial de COVID-19 (MME, 2018; MME, 2020). Apesar da atipicidade do ano de 2020 e do choque sofrido no mercado de combustíveis devido à pandemia, a meta publicada na resolução de número 8 pela CNPE no dia 18 de setembro de 2020 para o RenovaBio, foi cumprida. Isso reforça a confiança no RenovaBio como instrumento adequado para que se promova a sustentabilidade na matriz de transporte do Brasil (MME, 2021).

Em 2020, foram emitidos mais de 18 milhões de CBIOS, dos quais aproximadamente 15 milhões foram negociados. Os créditos de descarbonização tiveram um preço médio de R\$43,66, o que gerou um montante de mais de R\$650 milhões de negociações do ativo. Para 2021, foi estabelecida a meta de 24,6 milhões de CBIOS a serem negociados (MME, 2021). Em dezembro de 2020, 65% das empresas produtoras de etanol do país participavam do RenovaBio, já tendo suas certificações e estando aptas a emitirem CBIOS. Tais empresas, produziam cerca de 85% do etanol do Brasil (UNICA, 2021a).

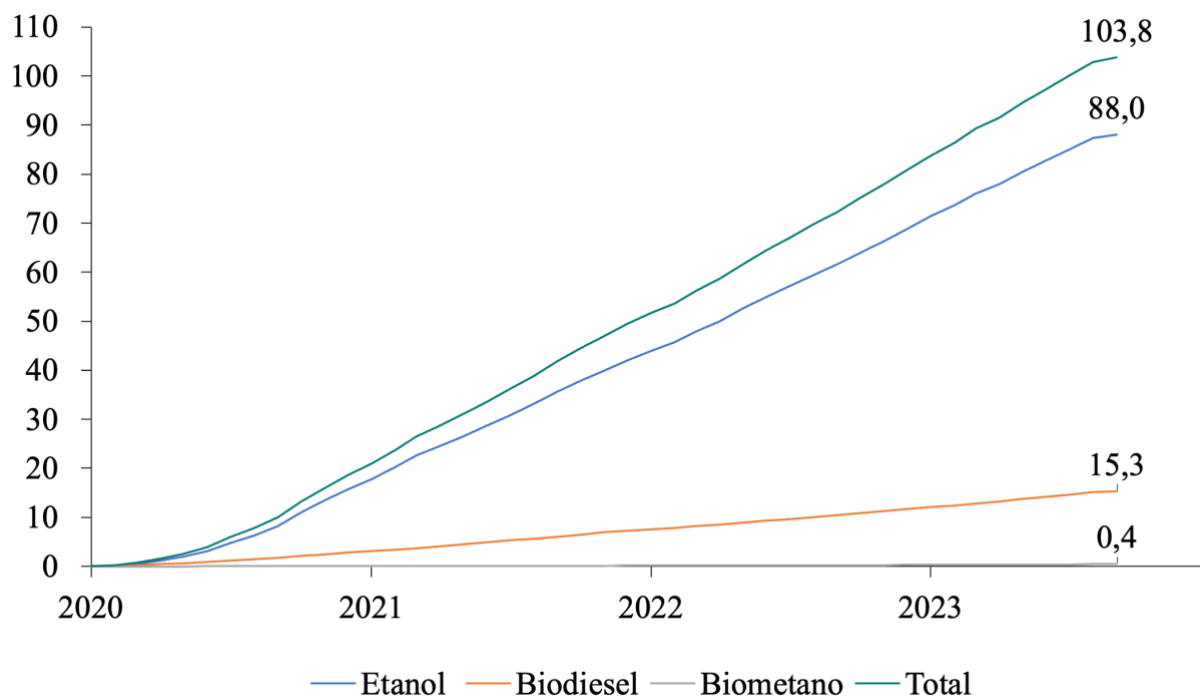
No ano de 2021, o RenovaBio movimentou R\$ 1,17 bilhões, com 34,8 milhões de CBIOS emitidos e 29,8 milhões negociados a um preço médio de R\$ 39,31, cumprindo-se 98,2% da meta global estabelecida pela CNPE. Destes, 24,4 milhões foram aposentados pelas distribuidoras de combustíveis fósseis, fazendo com que a emissão de mais de 24 milhões de toneladas de carbono fossem evitadas por meio da política e da produção de biocombustíveis (MME, 2022).

Já as metas do ano de 2022 tiveram o seu prazo prorrogado, permitindo que estas pudessem ser cumpridas até o dia 30 de setembro de 2023, quando aproximadamente 92% da meta foi atingida, com pouco mais de 33 milhões de CBIOS aposentados pelas distribuidoras. Em relação ao ano 2023, as distribuidoras têm até o dia 31 de março de 2024 para comprovar que cumpriram as metas estabelecidas, a qual deve atingir 37,5 milhões de CBIOS. Já a partir de 2024, a comprovação deverá ocorrer até o dia 31 de dezembro do mesmo ano (ANP, 2023c; ANP, 2023d; ANP, 2023f; BRASIL, 2023a). O gráfico 18 apresenta as metas inicialmente previstas para o RenovaBio, assim como as que estão em vigências atualmente, as quais já foram cumpridas até o ano de 2022.

Gráfico 18. Evolução das metas de descarbonização do Programa RenovaBio

Fonte: elaborado com base em ANP (2023c) e Itaú BBA (2023b).

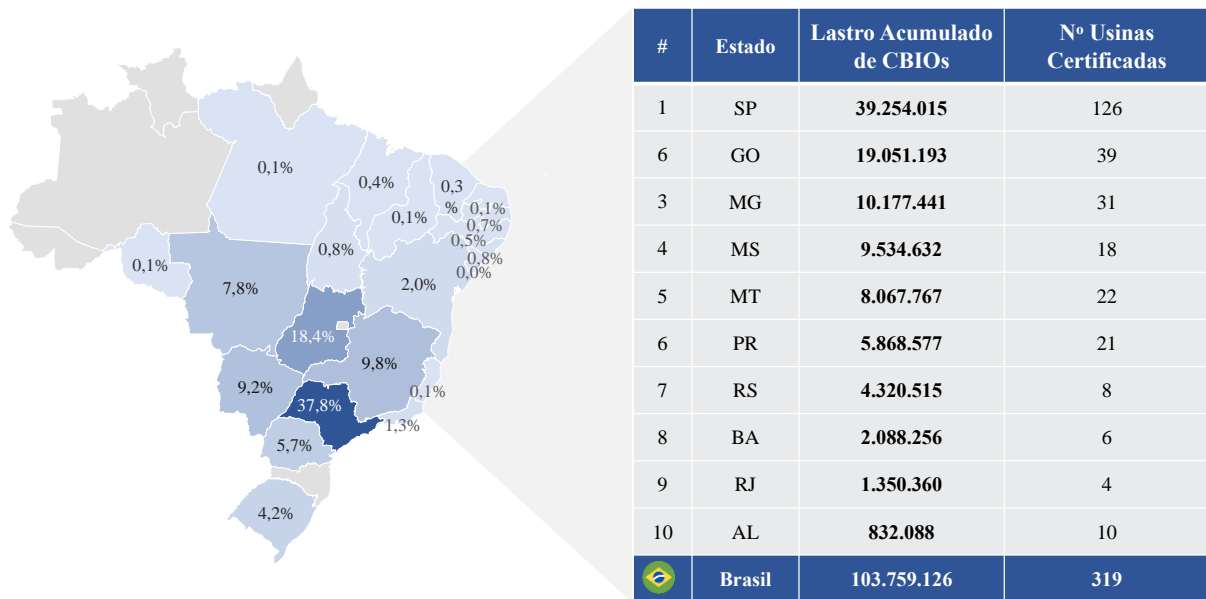
No dia 28 de julho de 2023 o RenovaBio atingiu a marca de 100 milhões de CBIOs emitidos desde o início da sua plena implementação, o que representa que mais 100 milhões de toneladas de CO₂ deixaram de ser emitidas na atmosfera (ANP, 2023e). Considerando-se apenas o etanol já foi gerado lastro para a emissão de aproximadamente 88 milhões de CBIOs desde o início da política até setembro de 2023, já o biodiesel e o biometano, respectivamente, geraram lastro para a emissão de 15,3 e 0,4 milhões de CBIOs. (ANP, 2023c). O gráfico 19 apresenta a evolução da geração de lastro para geração de CBIOs por biocombustível.

Gráfico 19. Evolução da geração de lastro de emissão de CBIOs por biocombustível (em milhões de unidades)

Fonte: elaborado com base em ANP (2023c).

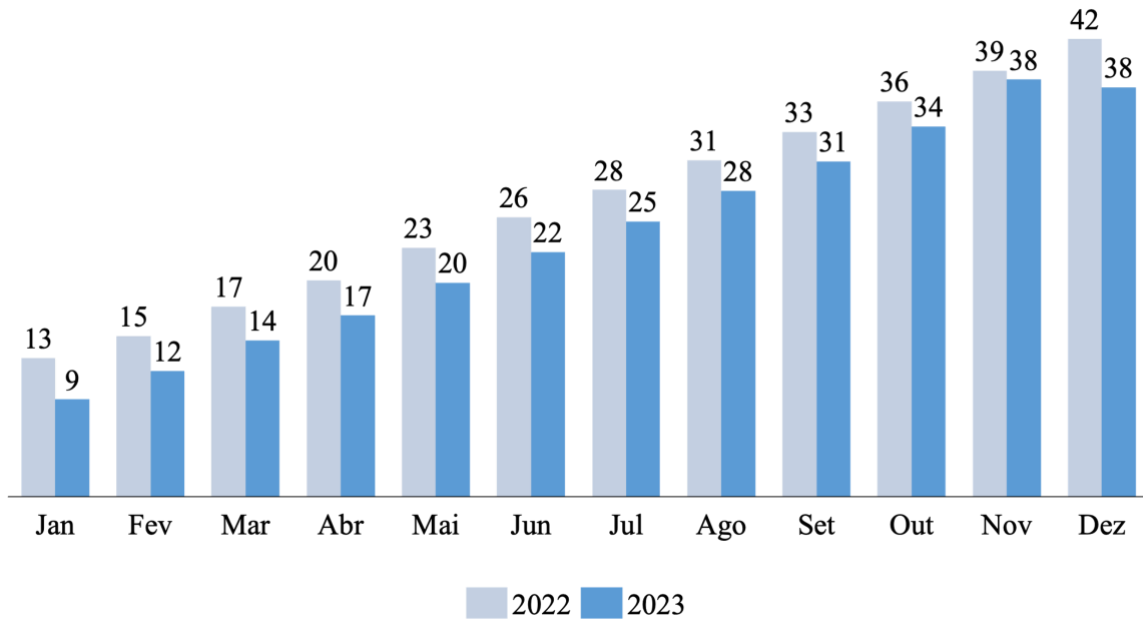
O estado com a maior geração de lastro de 2020 até setembro de 2023, foi São Paulo, o qual foi responsável por 37,8% do total do país, seguido por Goiás e Minas Gerais. Estes três estados também lideram *ranking* do número de usinas com a certificação RenovaBio, que no período somaram 319 em 22 estados do Brasil. Destas, 87,15% são produtoras de etanol, 11,6% de biodiesel e 1,25% de biometano. Este último é o único biocombustível com 100% de elegibilidade para geração de CBIOs até o momento, a qual é ainda maior que a do etanol hidratado que possui 90,77%. O biodiesel, por sua vez, tem 42,02% do seu volume elegível para geração dos créditos de descarbonização (ANP, 2023c; ANP, 2023f).

O biometano possui também a maior nota média de eficiência energética dos biocombustíveis que foram certificados pelo RenovaBio, sendo capaz de evitar 76,5% das emissões de carbono quando comparado ao seu substituto de origem fóssil. Já o biodiesel e o etanol hidratado atingiram, respectivamente, a nota média de 68,06% e 59,47% (ANP, 2023f). A figura 13 apresenta o lastro acumulado de CBIOs no período e o número de usinas certificadas por estado.

Figura 13. Lastro acumulado de emissão de CBIOS e usinas certificadas

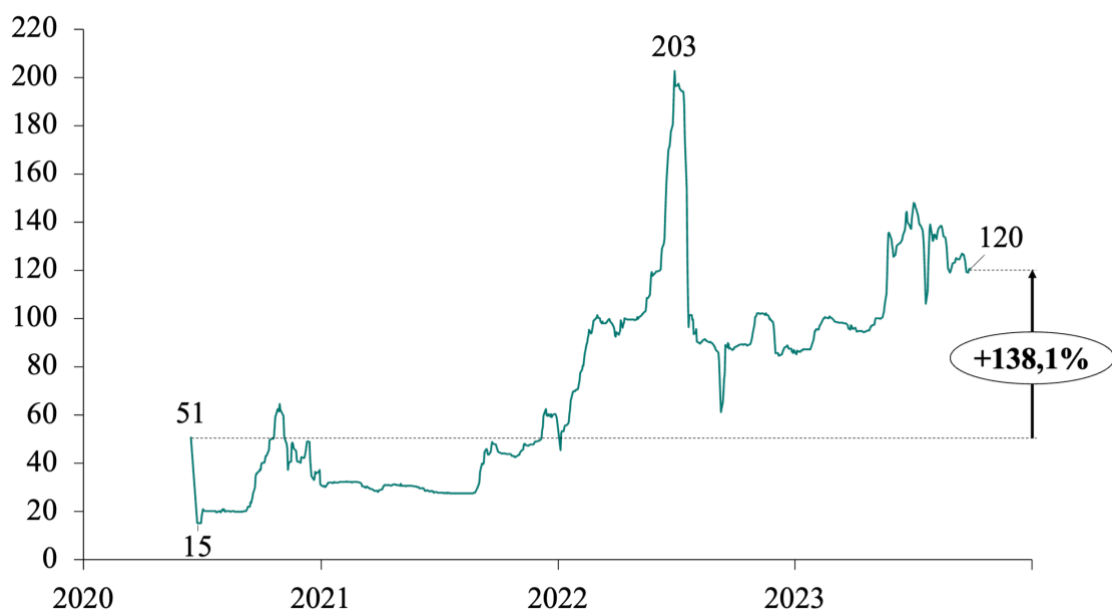
Fonte: elaborado com base em dados de ANP (2023c) e ANP (2023f).

Analisando-se a evolução da geração mensal de CBIOS no ano de 2023, nota-se que esta foi inferior à de 2022, diminuindo assim a sua oferta no mercado. Já as metas de descarbonização crescem a cada ano, elevando a sua demanda. Desta forma, o preço médio dos CBIOS em 2023 apresentou tendência de alta em relação ao ano anterior, quando este atingiu a sua máxima histórica, superando R\$ 200 por unidade. (B3, 2023; ANP, 2023c; ITAÚ BBA, 2023b). O gráfico 20 compara a evolução do estoque de CBIOS nos anos de 2022 e 2023.

Gráfico 20. Evolução do estoque de CBIOs no mercado em 2022 e 2023 (em milhões de unidades).

Fonte: elaborado com base em dados de ANP (2023c.)

No gráfico 21 apresenta-se a evolução do preço do CBIO desde o início da sua comercialização em 2020 até setembro de 2023.

Gráfico 21. Evolução do preço médio do CBIO (em R\$)

Fonte: B3 (2023).

De forma geral nota-se que houve uma evolução positiva no RenovaBio nos seus primeiros três anos de implementação. O setor de biocombustíveis aderiu rapidamente ao programa, fazendo com que, em 2023, mais de 90% do etanol do Brasil seja auditado, certificado e capaz de emitir CBIOS. Vale ressaltar, que devido ao seu caráter inovador e recente criação houve um custo de aprendizagem por parte de todos os *stakeholders* envolvidos na implantação do RenovaBio, o qual ainda vem passando por ajustes que visam torná-lo mais adequado e assertivo para todo o setor de biocombustíveis. A RenovaCalc utilizada para a certificação do etanol já está na sua sétima versão, assim como a utilizada para produção de biodiesel está na versão de número 8, havendo uma tendência natural de que surjam atualizações constantes de acordo com a *expertise* adquirida não somente pelos produtores, mas também por todos os agentes envolvidos na política (RABOBANK, 2023).

A capacidade de obtenção de dados primários no setor é ainda fortemente heterogênea, principalmente quando se compara a produção de etanol à de biodiesel, isso se reflete no percentual da produção elegível para certificação e geração de CBIOS que se mostra muito diferente entre os dois produtos. Ainda que haja um pacote de dados padrão que possa ser utilizado na RenovaCalc, este gera uma diferença de 50% até 70% em comparação à utilização de dados reais, o que impacta diretamente na mensuração da pegada de carbono da produção e na quantidade gerada de créditos de descarbonização, os quais poderiam gerar mais receitas tanto para os produtores quanto para os fornecedores de matérias-primas. Isso gera um incentivo para que se busque ainda um crescimento da elegibilidade da produção, apesar do considerável esforço necessário e das adaptações que precisam ser feitas na cadeia de suprimentos (ANP, 2023f; RABOBANK, 2023).

Nesse contexto, muitas usinas buscaram a renovação das suas certificações antes mesmo do final da validade destas. Não existe ainda uma meta formalmente estabelecida para que o setor ou mesmo as empresas de forma individual aumentem as suas notas médias obtidas na certificação do RenovaBio, o que poderia elevar impacto do programa. De qualquer forma, ainda é cedo para que esse impacto possa ser mensurado de forma consistente, principalmente no que diz respeito ao aumento da produção brasileira de biocombustíveis (RABOBANK, 2023).

A seções a seguir apresentam melhor a experiência da obtenção da certificação da política do RenovaBio e de forma aprofundada os ajustes que ainda são necessários para o

programa. Apresentam-se ainda algumas possíveis soluções para estes problemas e recomendações baseadas nas opiniões de especialistas do setor.

5.1.4 A implantação do RenovaBio sob a visão empresarial: estudo de caso do grupo Viralcool

5.1.4.1 Características da empresa

O estudo de caso único desta pesquisa realizou-se por meio da colaboração de uma empresa do setor sucroenergético, a qual possui três unidades produtoras de etanol no interior paulista localizadas nos municípios de Sertãozinho, Pitangueiras e Castilho. O grupo Viralcool fundado no ano de 1966, faz parte ainda de uma das maiores cooperativas do setor, a qual permite a sua atuação no mercado nacional e internacional.

Atualmente, a empresa produz a partir da cana-de-açúcar etanol, açúcar, bioeletricidade e levedura e possui a certificação do RenovaBio desde o ano de 2019, com o seu processo de recertificação já em andamento durante o ano de 2023. Desde o ano de 2020 as usinas do grupo comercializam CBIOS gerados a partir da sua produção de etanol.

A empresa esteve entre as primeiras da região a aderir à política e tem a sustentabilidade como um dos seus principais valores. Na época da implantação do RenovaBio nas suas usinas, houve forte mobilização das equipes da empresa e o desenvolvimento de diversos colaboradores, especificamente para os trabalhos referentes aos processos relacionados ao programa envolvendo principalmente a área ambiental.

5.1.4.2 A obtenção da certificação

O processo de obtenção da certificação RenovaBio é o primeiro passo necessário para que uma empresa possa comercializar créditos de descarbonização (CBIOS,) oriundos da sua produção de biocombustíveis. Este pode ser realizado por meio de sete etapas:

1. É feito o credenciamento da empresa na ANP. Envia-se também as informações da RenovaCalc para a certificadora, a tabela com os dados dos produtores e os arquivos obrigatórios para que haja elegibilidade da produção;
2. A certificadora faz a elaboração de um plano de auditoria e o envia à companhia produtora de biocombustíveis que a contratou;

3. Realiza-se a análise dos critérios de elegibilidade por parte da empresa certificadora contratada, a qual envolve a avaliação do Certificado Ambiental Rural (CAR) no Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) e a análise de supressão de vegetação. A análise do ZAE Cana (Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar) era também obrigatória na primeira versão da RenovaCalc, porém, esta foi revogada e não é mais exigida;
4. É feita a auditoria na usina. A certificadora visita a unidade produtiva, verifica as análises de elegibilidade *in loco* na empresa e faz a validação dos dados apresentados na Planilha de Produtores e na RenovaCalc utilizando-se das evidências obtidas por meio de fonte primária. Além disso, valida-se o cálculo da fração do volume elegível de biocombustível e a emissão da Nota de Eficiência Energético-Ambiental;
5. Consolidam-se os resultados obtidos pela empresa responsável pelo processo de certificação. Nesta etapa, notifica-se à ANP e submete-se o relatório parcial e os outros documentos considerados obrigatórios para a realização da consulta pública;
6. Revisa-se e consolida-se o relatório de auditoria. Emite-se o Relatório Final e finaliza-se toda a documentação, a qual enviada à ANP para a solicitação de emissão do Certificado de Produção Eficiente de Biocombustíveis;
7. Valida-se o Relatório Final obtido por meio da auditoria e é emitido o certificado pela ANP.

Ao fim deste processo a empresa passa a ter o direito de gerar CBIOS, os quais devem ser escriturados por uma instituição financeira para que possam ser comercializados na bolsa de valores.

5.1.4.3 A emissão de CBIOS

Após o processo de certificação, para emitir e comercializar os CBIOS gerados a partir da sua produção de biocombustíveis no mercado de capitais, a empresa em questão precisa realizar um segundo processo por meio de quatro etapas:

1. Cada usina precisa contratar a plataforma do Serviço Federal de Processamento de Dados (SERPRO) a qual pertence ao governo federal. Nesse sistema converte-se a quantidade de biocombustível vendido em metros cúbicos por meio da utilização das notas fiscais emitidas pela empresa em uma determinada quantidade de emissão CBIOS, que será usada pela própria usina ou pela sua cooperativa, se for o caso (SERPRO, 2020). A plataforma SERPRO é responsável por validar as notas fiscais eletrônicas da usina na Receita Federal, assim como o cálculo relacionado ao direito de emissão dos pré-CBIOS de acordo com a Nota de Eficiência Energético-Ambiental do Certificado de Produção Eficiente de Biocombustíveis desta empresa. Com isso, garante-se o lastro dos títulos tanto para produtores quanto para as instituições financeiras responsáveis pela escrituração dos CBIOS, fazendo assim com que os dados registrados sejam confiáveis e que haja integridade e segurança em relação a estas informações;
2. Caso a usina seja representada por alguma cooperativa, exige-se que empresa assine um termo dá poderes de negociação dos CBIOS à representante, a qual passa a ficar responsável por esse procedimento em nome da usina associada em questão;
3. Enviam-se todas as informações à empresa escrituradora contratada pela cooperativa. É feita então a reserva de CBIOS referente às vendas de biocombustíveis registradas por meio das notas fiscais inseridas na plataforma SERPRO. Por meio do sistema da escrituradora contratada ocorre então a escrituração e a emissão dos créditos de descarbonização. Assim, os pré-CBIOS tornam-se os CBIOS propriamente ditos, os quais serão vendidos no mercado de capitais por meio da bolsa de valores e comprados pelos agentes interessados;
4. Finalmente, o montante financeiro obtido por meio das vendas dos CBIOS é recebido pela cooperativa, a qual realiza a distribuição proporcional dos recursos a cada uma das usinas, depositando o valor cabido a cada uma nas contas que estas possuem na cooperativa.

Este processo quando realizado com uma cooperativa como intermediária diminui o custo das usinas, as quais conseguem vender os seus CBIOS de forma mais eficiente e agregada e evita que estas precisem desenvolver um setor específico para a realização de todo o trâmite.

5.1.4.4 A implantação do RenovaBio em da empresa sob a visão da gestão focada em processos (BPM)

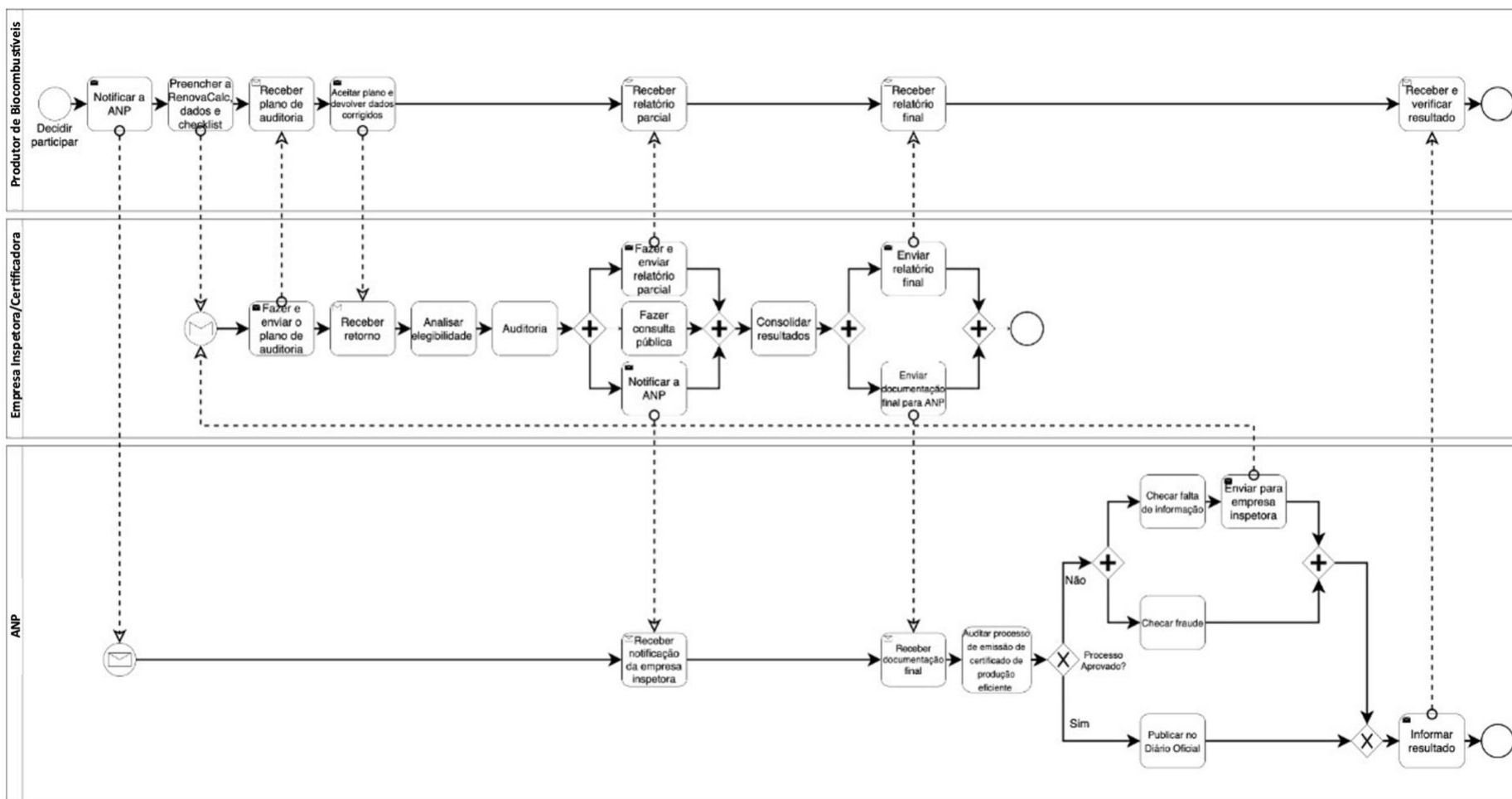
Define-se um processo como um conjunto de atividades voltadas à produção de um determinado produto para um mercado, envolvendo-se desde o momento do pedido até os critérios relacionados à satisfação do cliente. A abordagem *Business Process Management* (BPM) promove uma gestão capaz de se diferenciar em vários quesitos em relação à modelos de gestão tradicionais ou funcionais, podendo promover não só melhores índices de eficiência, eficácia e produtividade, mas também mais qualidade e uma maior satisfação do cliente final (MADDERN, 2014).

Na abordagem de gestão BPM, os processos são geridos de ponta-a-ponta, envolvendo “horizontalmente” os departamentos da companhia, ou seja, transcendendo-se características hierárquicas e mesmo geográficas, integrando-se os diversos setores da empresa e os seus funcionários, os quais devem ter conhecimento sobre todas as atividades envolvidas no processo (MADDERN, 2014). O BPM é útil, principalmente, para tarefas nas quais necessita-se da integração de diversos setores de uma empresa e entre esta e várias outras organizações, como ocorre no RenovaBio. (DE SORDI, 2008; SMART; MADDERN; MAULL, 2009).

5.1.4.5 A Modelagem BPMN

Com base nas informações obtidas no estudo de caso elaborou-se a caracterização e a modelagem dos processos de obtenção de certificação e emissão de CBIOS envolvidos na adesão política do RenovaBio. Para se fazer a modelagem, utilizou-se o *Business Process Model Notation* (BPMN), a notação padrão que representa a abordagem BPM que busca facilitar a compreensão dos processos por parte dos usuários (AVILA et al. 2020). A Figura 14 apresenta o BPMN das etapas do processo de obtenção da certificação da política do RenovaBio:

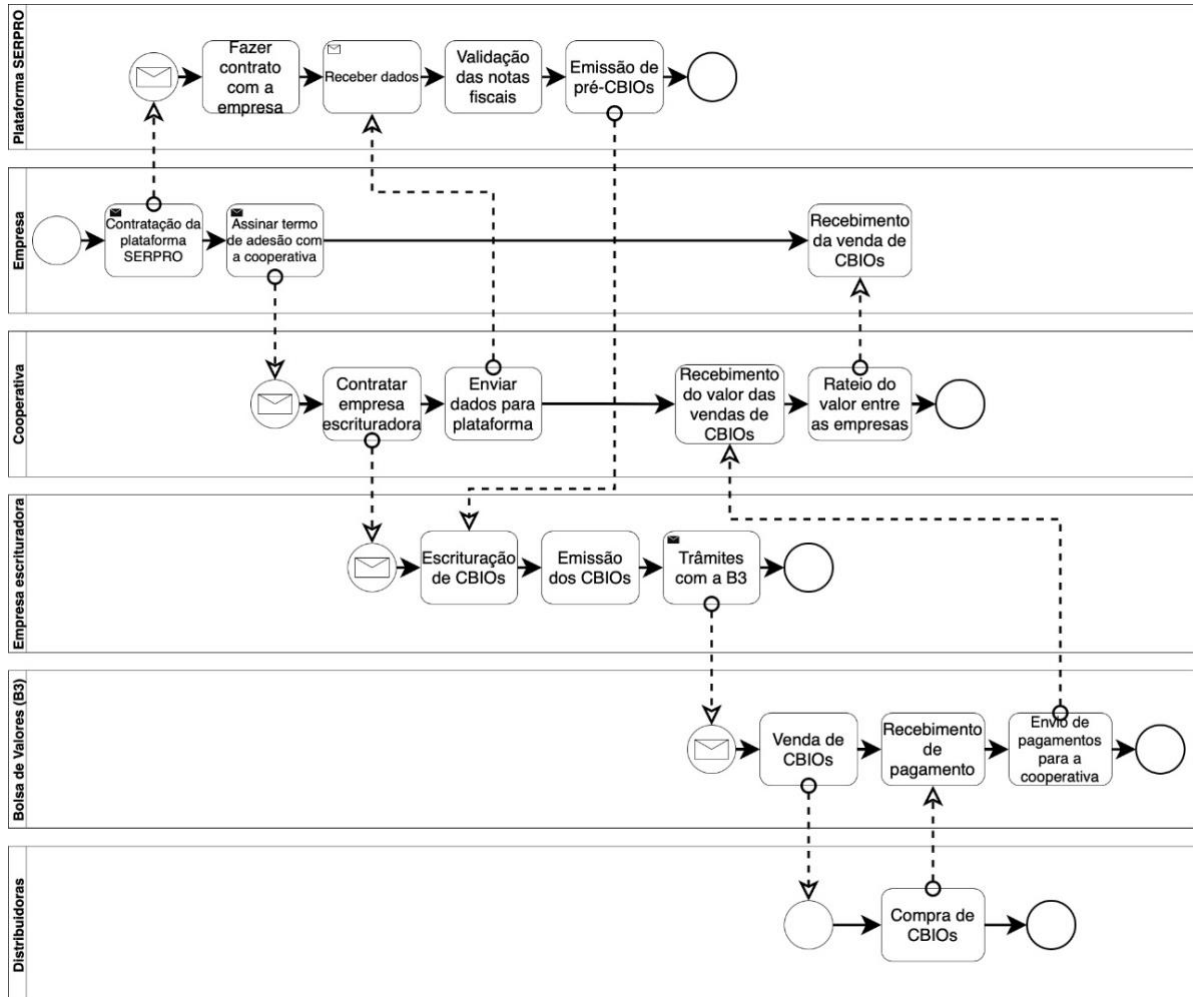
Figura 14. Modelagem BPMN do processo de certificação do Programa RenovaBio



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na figura 15 é apresentado o BPMN que mapeia o processo de emissão de CBIOs:

Figura 15. Modelagem BPMN e as etapas do processo de emissão de créditos de descarbonização (CBIOs)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por meio da realização do estudo de caso, foram mapeados ainda aspectos que facilitaram ou dificultaram a implementação do RenovaBio na empresa e características do ambiente externo capazes de promover oportunidades ou desafios. Dentre estes desafios estavam a limitada estrutura ANP na época, a qual tinha dificuldade de atender a alta demanda e o cenário de incertezas gerado pela pandemia de COVID-19. Foi citado como principal fraqueza a grande dificuldade que havia em relação à obtenção dos dados primários da grande quantidade de fornecedores de cana-de-açúcar que atendiam às usinas, o que gerava falta de informações para a RenovaCalc, as quais para serem obtidas dependiam da iniciativa dos produtores e não da empresa. Os principais dados obtidos por

meio das entrevistas a respeito das principais forças, fraquezas, oportunidades e desafios inerentes à implantação do RenovaBio na empresa estão apresentados na figura 16 em formato de análise SWOT:

Figura 16. Matriz SWOT da implementação do Programa RenovaBio

Forças (<i>Strengths</i>)	Fraquezas (<i>Weakenesses</i>)
<ul style="list-style-type: none"> - Empresa com grande parte dos seus processos bem mapeados; - Armazenamento prévio dos dados de cada etapa produtiva; - Integração entres os diversos setores da empresa; - Realização periódica de reuniões para manter a equipe informada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de informação detalhada a respeito da produção de terceiros; - Dificuldade de obtenção de dados externos à empresa para o preenchimento da RenovaCalc.
Oportunidades (<i>Opportunities</i>)	Ameaças (<i>Threats</i>)
<ul style="list-style-type: none"> - Interesse e valorização social de políticas e práticas voltadas à sustentabilidade; - Política com estrutura bem estruturada e com forte apoio de diversos órgão do governo; - CBIOs como uma nova fonte de renda para as empresas do setor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estrutura da ANP ainda limitada na época; - Certificação e emissão relativamente demoradas; - Incerteza em relação ao preço dos CBIOs no mercado (possibilidade de excesso de oferta); - Macroambiente incerto devido ao cenário pandêmico.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2 Os principais tópicos relacionados à criação e ao desenvolvimento do RenovaBio

A política do RenovaBio, desde a sua idealização, é alvo de constante discussão entre os mais diversos agentes do setor de biocombustíveis que envolvem não só a área governamental e as suas entidades, mas também associações e cooperativas e a alta gestão das empresas produtoras de biocombustíveis. Por meio das entrevistas realizadas com especialistas do setor foram encontrados de forma geral informações convergentes em relação aos pontos considerados mais importantes em relação à criação e ao desenvolvimento do RenovaBio que serão tratadas neste estudo.

A respeito da elaboração e aprovação do RenovaBio os entrevistados destacaram que desde o seu início o programa foi amplamente aceito pelos agentes do setor devido à ampla participação dos mais diversos integrantes da cadeia produtiva do mercado de biocombustíveis que aos todos somaram mais de 54, considerando-se federações estaduais de indústria, federação nacional da indústria, da agricultura, associações comerciais de diversas localidades, secretarias de estado da agricultura de vários estados, entidades de

classe e importantes organizações ligadas ao setor como a ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores), o SINDIPEÇAS (Sindicato Nacional Da Indústria De Componentes Para Veículos Automotores) e a ABIMAQ (Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos). Além disso, foi ressaltado nas entrevistas o fato de que fizeram parte da discussão referências internacionais de todo o mundo especialmente da Califórnia onde há o Low Carbon Fuel Standard (LCFS) (AXSEN; WOLINETZ, 2023) e da Europa onde há o (Renewable Energy Directive, o RED) (USDA, 2023a). A proposta foi ainda encaminhada à presidência da República e ao Ministério de Minas e Energia que também apoiaram a criação do RenovaBio.

Segundo o relato dos especialistas do setor, essa ampla discussão culminou na aprovação do programa por quase unanimidade na Câmara por 299 votos a favor e 9 contra, e ainda, por 100% dos senadores, fazendo também que toda a tramitação ocorresse de forma extremamente rápida para os padrões brasileiros, sendo que desde a concepção do projeto à sua aprovação ocorreu em apenas 11 meses. Apesar de inicialmente sofrer algumas oposições, já que alguns agentes de mercado e do governo preferiam o aumento da CIDE (Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico) em vez da criação de uma nova política, no dia 15 de agosto 2018 foi aprovado na cidade de Ribeirão Preto o primeiro decreto regulamentador do RenovaBio, em 27 de abril de 2020 houve a definição das metas de descarbonização e em 12 de junho de 2020 houve a primeira negociação de CBIOs que foram vendidos a 50 reais a unidade pelo grupo de usinas Adecoagro à empresa DATAGRO.

Um dos pontos mais destacados foi que o RenovaBio instituiu de forma pioneira o mercado de carbono com a capacidade de valorizar as externalidade positivas geradas pelo uso de biocombustíveis no Brasil e foi muito importante para as empresas ao fazer que por meio da sua certificação estas se adiantassem ao cumprimento de diversos critérios ESG que só passariam a ser amplamente discutidos pelo mercado alguns anos depois, seguindo um processo rígido de auditoria e de adaptação das empresas a fim de atender a todos os rigorosos critérios exigidos para o credenciamento na política que deve evitar a emissão cumulativa de 620 milhões de toneladas de CO₂ equivalente na atmosfera de 2020 a 2030. Foram citadas ainda como consideradas características importantes do programa o fato de não ser permitida a certificação de áreas de desmatamento mesmo que este seja feito de forma legal e a exigência do Cadastro Ambiental Rural por parte das usinas, sendo que à época da criação do programa muitas dessas não tinham conhecimento da sua importância. Isso faz com que

o setor seja visto de forma mais positiva não só pelo mercado, mas também pela população de forma geral.

Evidenciou-se ainda por meio das entrevistas que a adaptação dos processos por parte das usinas (atualmente já são mais de 300 certificadas) mostrou-se extremamente eficiente para que houvesse melhora não somente em relação aos critérios de sustentabilidade, mas também da eficiência e da produtividade do setor de forma integrada, já que o RenovaBio engloba todo o processo produtivo dos biocombustíveis, criando também um círculo virtuoso com a matriz de transportes, o que torna a política uma das maiores do mundo em relação à descarbonização.

De acordo com os especialistas, o RenovaBio é de grande relevância para o desenvolvimento e o incentivo do aumento de biocombustíveis como o biometano e o etanol de segunda geração, por exemplo, os quais ainda são relativamente incipientes no Brasil. Beneficiam-se também as empresas que desejam investir em tecnologias voltadas a diminuição da pegada de carbono.

Outro ponto forte que foi destacado a respeito do programa é o seu consistente embasamento científico desde a sua concepção. O envolvimento de universidades, institutos de pesquisa, do MME, da ANP da EMPRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e o empenho em conjunto principalmente com os setores de cana-de-açúcar e de biodiesel foi fundamental para o desenvolvimento da metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida utilizada para a definição dos critérios que envolvem a certificação RenovaBio, a emissão dos créditos de descarbonização CBIOS de acordo com a pegada de carbono dos biocombustíveis e o estabelecimento das metas de longo prazo da política.

Por fim, foi tratado como ponto positivo a criação para o RenovaBio de toda uma regulamentação financeira por meio de decreto e a eficiência na sua implementação por parte das usinas e dos outros agentes participantes do mercado de CBIOS. O mecanismo de funcionamento da política adota uma lógica na qual é possível incentivar a produção de biocombustíveis apenas por meio da negociação de títulos no mercado financeiro, não exigindo que haja redução de impostos ou concessão de crédito por parte do governo, isso permite que se sejam gerados ganhos na eficiência energética do Brasil e a redução de gases de efeito estufa sem que haja comprometimento dos recursos financeiros do orçamento público, o que faz com que o RenovaBio seja um programa de baixo custo social diante do elevado benefício.

A respeito da criação de RenovaBio, foi falado ainda durante a realização das entrevistas que, para uma melhor avaliação da efetividade e do sucesso da política pública, teria sido importante criar um *roadmap* do consumo e produção de bioenergia no país que pudesse guiar as metas da política ao longo do tempo. Vale ressaltar, que não é consenso entre os entrevistados a necessidade desta ferramenta e que a maioria dos especialistas consideram as metas do RenovaBio bem fundamentadas. O Quadro 7 apresenta de forma consolidada os tópicos relacionados à política nacional de biocombustíveis obtidos por meio das entrevistas realizadas:

Quadro 7. Principais tópicos a respeito do desenvolvimento do RenovaBio

Tópico	Entrevistas
1. Aprovação no Congresso Nacional rápida e com ampla maioria favorável	1, 8, 9 e 11
2. Discussão com a sociedade	1, 6, 8 e 11
3. Referências internacionais	1 e 6
4. Pioneirismo na criação de um mercado de carbono no Brasil por meio dos decretos de regulamentação e modelo de implementação de um ativo financeiro	2, 3 e 12
5. Valorização das externalidades positivas dos biocombustíveis	2, 4, 5, e 10
6. Criação de um programa com metas de longo prazo com base científica	2, 6, 11 e 13
7. Incentivo à produtividade e integração dos agentes da cadeia	2, 4, 5 e 6
8. Incentivo a biocombustíveis como biometano e etanol de segunda geração	2
9. Modelo robusto com forte embasamento técnico científico (análise do ciclo de vida desenvolvida com participação Embrapa)	3, 5 e 11
10. Preparar, auditar e certificar as empresas antecipadamente em relação as questões ESG por meio de credenciamento rigoroso, exigência do CAR e não permitir a certificação de áreas de desmatamento, promovendo visão mais positiva para a população em geral em relação aos biocombustíveis	4, 5 e 7
11. Evitar a emissão cumulativa de 620 milhões de toneladas de CO ₂ equivalente na atmosfera pelo uso de biocombustíveis de 2020 a 2030 sem comprometer recursos do orçamento público para induzir ganhos de eficiência energética e a redução de emissões de gases causadores do efeito estufa	12 e 15
12. Falta de um <i>roadmap</i> da produção/consumo de bioenergia para estabelecer metas para avaliar o sucesso da política pública no incentivo à produção	14

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3 Os aprimoramentos necessários para a política

O aprimoramento mais citado como necessário pelos entrevistados, trata-se de promover a garantia de estabilidade e uma melhor governança para a política do RenovaBio. Desde a sua criação o programa vem se mostrando extremamente frágil e suscetível a intervenções políticas. No início da história do RenovaBio, por exemplo, não houve nenhuma garantia de que o programa seria realmente implementado e aderido pelas empresas do setor de bioenergia. Já mais recentemente, no ano de 2022 houve uma proposta de alteração da política por parte do Ministério de Minas e Energia que poderia ter descaracterizado completamente o RenovaBio em favor de pequenos benefícios de curto prazo como a queda de poucos centavos no preço da gasolina.

Neste período houve uma alteração do prazo estabelecido para o cumprimento das metas de descarbonização pelas partes obrigadas, ou seja, que devem adquirir uma determinada quantidade de os CBIOs de acordo com o que é estabelecido na lei por meio do Decreto nº 11.141, de 21 de julho de 2022. Isso representa uma interferência direta no setor de biocombustíveis e em um dos principais mecanismos do RenovaBio que conferem a redução de emissões de GEE no longo prazo de forma previsível, o que gera perda de credibilidade do programa. Com a mudança de governo, no ano de 2023 as metas voltaram ao seu prazo ideal reestabelecendo-se o seu cumprimento dentro do calendário anual (UNICA, 2023d), porém, há sempre a insegurança de que haja mudanças na política de forma indiscriminada e discricionária. Além disso, é relativamente comum no Brasil a implementação de medidas provisórias que promovem a desoneração dos combustíveis fósseis como a nº 1.157/2023, as quais geram distorções de preços e, por consequência, interferem na competitividade dos biocombustíveis e no mercado de CBIOs que também ameaçam o pleno funcionamento do RenovaBio e a sua estabilidade.

Outro ponto citado por vários entrevistados é a necessidade de se ampliar a venda de CBIOs em relação a parte não obrigada do mercado, ou seja, que compra o ativo voluntariamente e não porque é previsto em lei, como agentes de outros setores que possuam interesse em neutralizar as suas emissões de carbono. Para que se atinja este objetivo foi ressaltada a importância de haver uma forma por meio da qual haja a adequação do RenovaBio em relação aos padrões mundiais relacionados ao mercado internacional de carbono de forma que se possibilite a fungibilidade dos CBIOs com outros créditos negociados neste. Além disso, a inserção do RenovaBio e da negociação dos créditos de descarbonização em acordos internacionais mostra-se como uma grande oportunidade de

reduzir o custo da energia do Brasil transferindo renda externa aos agentes da cadeia produtiva dos biocombustíveis.

Ademais, para que haja expansão da comercialização de CBIOS foi destacado durante entrevistas que precisa haver um aprimoramento na regulamentação relacionada ao ativo, o que também deve elevar a sua credibilidade junto ao mercado e evitar problemas que podem ocorrer em relação a este tipo de ativo como a duplicidade de emissões sobre a mesma base de cálculo relacionada à descarbonização. Discute-se a possibilidade de subordinar o mercado de CBIOS à fiscalização da CVM (Comissão de Valores Mobiliários) e a necessidade de melhorar a estruturação relacionada aos seus tributos para que não haja dupla tributação dos créditos de descarbonização, garantindo que estes sejam taxados unicamente, assim como outros ativos transacionados na B3, de forma condizente com o mercado de carbono e que sejam evitados problemas de dívida tributária no futuro.

Ainda em relação ao aumento do volume de negociações dos ativos foi citada a importância de tornar mais clara a metodologia adotada para o cálculo dos índices de eficiência energética das usinas que participam do programa para que estas possam melhorar os seus processos e emitir mais CBIOS. É preciso ainda que haja confiabilidade no crescimento do mercado de biocombustíveis no longo prazo, havendo a necessidade de que haja apoio por parte do setor automobilístico e outros mercados importantes relacionados a ao setor de bioenergia, assim como o da sociedade de forma geral. Seria ideal ainda que a receita advinda da comercialização dos CBIOS fosse reinvestida no setor de bioenergia de forma a aumentar a sua sustentabilidade como por meio de projetos de Captura e Armazenamento de Carbono (CCS) e certificações como a Bonsucro, gerando assim um ciclo virtuoso de expansão de emissões de créditos de descarbonização de forma a melhorar cada vez mais os resultados do programa.

Segundo os especialistas, um dos pilares do RenovaBio que também necessita de constantes aprimoramentos com base no melhor conhecimento científico disponível e novos biocombustíveis e tecnologias que surgem, é o seu mecanismo de funcionamento e a sua parte técnica. A metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida precisa ser ampliada, passando considerar na RenovaCalc variáveis a montante para o uso da terra como o carbono de solo e a jusante para uso dos carros por meio do uso de uma classificação do tipo dos motores ou do tipo de uso da bioenergia.

Outro ponto importante é a melhora da rastreabilidade no processo produtivo de biocombustíveis. Existe uma dificuldade especialmente em relação à obtenção de dados

primários para utilização na RenovaCalc em relação a produção das matérias-primas utilizadas como a cana-de-açúcar, a soja e milho, especialmente nos últimos dois, esse problema é ainda mais acentuado devido à sua heterogeneidade e a ao fato de serem vendidos como *commodities* dificultando o acesso individual a cada um dos fornecedores. Devido a isso, a distribuição de uma maior parcela da receita da venda dos CBIOs a esse elo da cadeia pode ser interessante de forma incentivar não só o aumento do investimento na rastreabilidade dos produtos, mas também em novas técnicas, tecnologias e certificações relacionadas à produção que aumentem a sua produtividade e sustentabilidade, gerando assim mais créditos de descarbonização e receita para todos os envolvidos no RenovaBio.

Por fim, foi citada a necessidade de serem aprimorados os mecanismos para avaliação do impacto do programa na competitividade dos biocombustíveis frente aos fósseis, desenvolvendo-se, por exemplo, uma metodologia de acompanhamento de preços finais dos combustíveis e a evolução da comercialização do CBIOs para entender impacto do programa na competitividade dos biocombustíveis. É preciso ainda, incentivar a maior eficiência por parte do setor em relação aos critérios considerados pelo RenovaBio. Ressalta-se que para que haja uma evolução mais rápida das notas das usinas ao longo do tempo talvez seja preciso que o programa diminua o prazo para recertificação das empresas. O Quadro 8 resume os aprimoramentos necessários para o RenovaBio de acordo com a visão dos especialistas do setor entrevistados na pesquisa:

Quadro 8. Aprimoramentos necessários para o RenovaBio

Aprimoramento	Entrevistas
1. Garantir a estabilidade, a credibilidade e a plena implantação do RenovaBio	1, 5, 8, 9, 11, 12 e 15
2. Estruturar a tributação dos CBIOS	3, 6 e 7
3. Promover a proteção contra questões políticas	8, 9 e 11
4. Amplificar o mercado de CBIOS no que diz respeito a parte não obrigada	2, 5 e 11
5. Promover a confiabilidade do crescimento do mercado de etanol no longo prazo	2
6. Ampliar as variáveis consideradas na Avaliação do Ciclo de Vida	3, 4 e 8
7. Inserir os CBIOS em acordos internacionais	3 e 11
8. Promover a fungibilidade com outros mercados de carbono	5, 6 e 11
9. Reinvestir receita advinda da comercialização dos CBIOS no setor de bioenergia de forma a aumentar a sua produtividade e sustentabilidade	13
10. Aumentar distribuição da renda dos CBIOS para os agricultores	4 e 10
11. Tornar mais clara a metodologia adotada para o cálculo dos índices de eficiência energética das usinas que participam do programa e estabelecer incentivo para as unidades produtoras que aumentarem sua nota de eficiência energético-ambiental no processo de renovação da certificação	7 e 15
12. Melhorar a rastreabilidade	5, 6 e 13
13. Melhorar a RenovaCalc com base em novos biocombustíveis e tecnologias	6 e 9
14. Melhorar os mecanismos para avaliação do impacto do programa na competitividade dos biocombustíveis frente aos fósseis	7
15. Rever o tempo de recertificação	9

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4 As ações e os instrumentos necessários para o aprimoramento do RenovaBio

No que diz respeito às ações e aos instrumentos para que sejam implantados os aprimoramentos necessários para o RenovaBio detalhados no tópico anterior, foram feitas inúmeras sugestões por parte dos entrevistados as quais dependem do engajamento público e privado para serem implementados. Em relação a garantir a estabilidade e a credibilidade

do programa é necessário que a legislação do RenovaBio seja revista de forma que se “blinde” o devido funcionamento do programa, garantindo também a sua eficácia e transparência a respeito do programa e a sua manutenção no longo prazo. Além disso, é preciso que sejam definidas de forma clara as regras de gestão do programa a serem utilizadas na sua governança e que estas sejam encaminhadas e aprovadas pelo CNPE (Conselho Nacional de Política Energética) para que se garanta uma maior credibilidade internacional e a minimização de manipulações políticas. A equipe técnica responsável pelo desenvolvimento do RenovaBio deve estar diretamente responsável pela sua gestão e ter a maior independência possível.

Já para aumentar a comercialização de CBIOS é preciso que haja uma agenda diplomática relacionada ao RenovaBio de forma a promover negociações internacionais dos créditos de descarbonização gerados pelo programa e possíveis adaptações no artigo 6º do Acordo de Paris, possibilitando assim que se aumente a internacionalização da negociação dos ativos gerados pela política e que se facilite a fungibilidade dos CBIOS no mercado internacional de carbono. Pode ser interessante ainda criar um mercado futuro de CBIOS, de forma semelhante a outros ativos negociados na B3. Nesse contexto, foi sugerido que seria benéfico para o programa transformar o ativo em um valor mobiliário. Vale ressaltar, que isso deve ser feito por meio de uma lei e não de um decreto para que uma maior perenidade seja garantida.

Para que haja uma constante adesão e valorização do programa deve haver divulgação da forma mais clara possível a respeito do seu funcionamento e da coleta de dados necessária para a certificação das usinas e a geração da nota de eficiência energético-ambiental para todos os investidores em potencial do setor. Precisa-se ainda, que haja transparência em relação ao mercado de CBIOS e a sua devida regulamentação. É necessário que haja uma maior formalização em relação à sua comercialização e tributação criando-se uma lei complementar específica para o mercado de carbono que promova imunidade tributária para os produtos ligados à baixa emissão.

Como ação necessária para que seja distribuída uma maior parcela da receita advinda dos CBIOS à parte agrícola gerando incentivo à produtividade e sustentabilidade, foi sugerida a criação de um projeto de lei específico que defina o pagamento correto à essa parte da cadeia produtiva. Essa ação relaciona-se diretamente com a promoção da rastreabilidade do processo produtivo. É de grande importância que seja fomentado o uso de dados primários não só para que seja aumentada a elegibilidade das matérias-primas utilizadas para a

produção dos biocombustíveis, mas também para que seja possível identificar gargalos no programa RenovaBio, minimizando a ocorrência de *greenwashing* e fortalecendo a sua credibilidade.

Em relação ao mecanismo de funcionamento da política é necessário desenvolver pesquisas e ferramentas voltadas à reestruturação da Avaliação do Ciclo de Vida incluindo-as na regulamentação do RenovaBio e na RenovaCalc e incorporando critérios do Programa Combustível do Futuro. Uma medida que poderia ser interessante seria criar um programa ligado à bioeletricidade, ou seja, à energia elétrica gerada a partir da biomassa, valorizando mais esse produto produzido no mercado de bioenergia.

Para que seja incentivado o reinvestimento da receita dos CBIOs em melhorias relacionada ao próprio e setor seria interessante ainda implementar algum tipo de premiação às usinas de acordo com o aumento da sua nota de eficiência energético-ambiental, como algum tipo de compensação ou melhores condições em financiamentos de projetos para melhorias no processo produtivo. Além disso, é preciso construir um *roadmap* completo do consumo e produção de bioenergia que guie as análises e os direcionamentos para o futuro do RenovaBio, desenvolvendo-se uma metodologia de acompanhamento de preços finais dos combustíveis e evolução da comercialização do CBIOs. O Quadro 9 reúne as principais ações e os instrumentos necessários para a implementação dos aprimoramentos propostos para o RenovaBio de acordo com a visão dos especialistas do setor entrevistados baseando-se em pontos que foram citados por pelo menos dois participantes da pesquisa:

Quadro 9. Proposta de ações necessárias para o aprimoramento de RenovaBio

Ação	Entrevistas
1. Alterar a lei do RenovaBio e incorporar equipe técnica na governança da política de forma a garantir a sua estabilidade	8, 11 e 12
2. Divulgar de forma mais ampla e clara o funcionamento do RenovaBio e o seu impacto, desenvolver metodologia de acompanhamento de preços finais dos combustíveis e evolução da comercialização do CBIOs e construir <i>roadmap</i> completo do consumo e produção de bioenergia	7, 14 e 15
3. Promover o engajamento entre a parte pública e a privada que envolvem o RenovaBio e criar uma agenda diplomática voltada à sua internacionalização e dos CBIOs	3, 9 e 13
4. Criar lei complementar que estabeleça a tributação do mercado de carbono e promova imunidade tributária	3 e 6
5. Criar lei que transforme o CBIO em um ativo mobiliário e um mercado futuro destes títulos	1 e 2
6. Cria projeto de lei que aumenta a remuneração da parte agrícola envolvida no RenovaBio	2 e 10
7. Criar mecanismo de fomento de uso de dados primários e melhora da elegibilidade e implementar premiação às usinas de acordo com o aumento da sua nota de eficiência energético-ambiental	6, 7 e 13
8. Ajustar a regulamentação para implementar a pesquisa e novas ferramentas à Avaliação do Ciclo de Vida	3 e 8
9. Criar programa complementar ao RenovaBio voltado à bioeletricidade e à energia gerada a partir da biomassa	4 e 5

Fonte: Elaborado pelo autor.

6. DISCUSSÕES

No que diz respeito à implementação do RenovaBio em uma usina produtora de etanol de cana-de-açúcar, nota-se na implementação sob a visão BPM, que se exige que haja engajamento dos gestores, os quais precisam atuar de forma ativa no projeto em questão para que haja senso de urgência por parte de toda a equipe. A literatura sobre projetos BPM mostra que a falta de esforços e de sinergia entre os gestores dos processos e os gestores operacionais

ou funcionais, pode fazer com que haja dificuldade na implementação de um projeto por meio dessa abordagem de gestão (CERIBELLI, DE PÁDUA E MERLO, 2013).

Por meio do estudo de como funciona o RenovaBio, a sua implementação e as suas etapas, sugere-se que o BPM pode ser capaz de facilitar o processo de certificação, já que a gestão ponta-a-ponta que esta abordagem propõe pode facilitar o processo como um todo, o qual exige a integração de diversos setores da usina e a obtenção de dados de diferentes áreas. Os resultados do estudo de caso indicam a gestão BPM foi de forma implícita aplicada em algum grau pela empresa durante a obtenção da certificação do RenovaBio devido a diversos aspectos. Dentre eles estão os processos bem mapeados, a existência de funcionários de diferentes setores atuando de forma conjunta e com amplo conhecimento a respeito dos processos como um todo, havendo ainda um líder capaz de gerenciar os processos relacionados ao RenovaBio de ponta-a-ponta.

Assim, há evidências de que a aplicação da gestão BPM pode ser útil para um maior sucesso na realização dos processos de obtenção da certificação RenovaBio e de emissão de CBIOs, já que esta promove uma maior agilidade e torna mais fácil a obtenção dos dados de diversos setores da empresa, os quais são necessários para a certificação e implementação da política. Não foi possível comparar os resultados com nenhum estudo anterior que apresenta a implantação do RenovaBio, com base na abordagem BPM e quais os seus benefícios. Estudos futuros podem ser úteis para corroborar ou não com a ideia de que esta pode ser uma boa forma de se realizar a implementação da política em uma usina.

Os resultados obtidos por meio das entrevistas realizadas apontam diversos pontos positivos relacionados ao desenvolvimento do RenovaBio que o tornam promissor como uma política de longo prazo. A aprovação da política por ampla maioria no momento da sua criação, a ampla discussão com a sociedade e a participação de diversas instituições ligadas ao setor de bioenergia e à comunidade científica, a exemplo da EMBRAPA, sugerem que a sua importância é reconhecida por parte relevante da sociedade e que o seu mecanismo de funcionamento, o qual envolve a abordagem de “finanças verdes” pioneira em criar um mercado de carbono no Brasil, foi bem elaborado, o que tende a fazer com que esta gere uma boa aceitação, efetividade em reduzir as emissões de GEE e o aumento do uso dos biocombustíveis, melhorando também a imagem do setor, assim como ocorreu com a implementação das políticas do LCFS e a RED, as quais serviram de inspiração para a criação da política brasileira. Ainda é cedo para que seja medido adequadamente o impacto gerado pelo RenovaBio, apesar disso, discute-se que para que isto seja feito, existe a necessidade da

criação de um *roadmap* que envolva o setor de bioenergia e outros setores correlatos, como o de transportes e o de combustíveis fósseis, e que o mesmo seja utilizado para medir o impacto da política sobre estes, o qual não foi desenvolvido no momento da criação do programa (COMINETI; SCHLINDWEIN, 2023; DESSI et al, 2022; EBADIAN et al., 2020; LAZARO; THOMAZ, 2021; LAZARO et al., 2023; RABOBANK, 2023).

O incentivo à produtividade e à sustentabilidade em toda a cadeia produtiva destacam-se, assim como a importância do RenovaBio em conjunto com o Programa Biocombustível do Futuro para o desenvolvimento de biocombustíveis ainda incipientes como o etanol 2G, o biometano, o SAF e, mesmo de novas rotas de produção e tecnologias que se utilizem destes, a exemplo do veículo elétrico movido à célula de etanol e o híbrido a biometano, os quais podem promover impacto positivo no PIB do Brasil, na transição energética e no abandono do uso de combustíveis fósseis já previsto na COP 28 (UFCC, 2023), nas metas de descarbonização e em diversos outros critérios de sustentabilidade por meio da valorização das externalidades positivas geradas pelos biocombustíveis. Não somente o crescimento do mercado de biocombustíveis, mas também a receita proveniente dos CBIOs pode ser capaz de viabilizar estas tecnologias e incentivar ainda a adoção da Captura e Armazenamento de Carbono (CSS) ou Bioenergia com Armazenamento e Captura de Carbono (BECCS). (EPE, 2022; GAUTO, 2023; GONÇALVES, 2021; KLEIN et al., 2019; RAHMAN, 2017; SILVEIRA; COSTA; SANTOS, 2023).

A implementação do RenovaBio fez com que todos os agentes da cadeia produtiva relacionada aos biocombustíveis, a qual envolve mais de 90% do etanol produzido no Brasil, não só se integrassem para gerar maior eficiência energético-ambiental seguindo rígidos critérios de sustentabilidade ambiental e de zero desmatamento nas áreas certificadas pelo programa, mas também fossem auditados para que fosse garantido o cumprimento destes critérios que envolvem o CSR e impactam positivamente a imagem das empresas perante a sociedade (DESJARDINE; MARTI; DURAND, 2020). Estes relacionam-se fortemente ainda com o ESG, estando entre os principais critérios considerados atualmente no mercado para a captação de investimentos e podem melhorar os indicadores financeiros das empresas do agronegócio e de produção de energia renovável (CONCA et al., 2021; RABOBANK, 2023; WANG, 2023). Ainda que não tenha sido estudado pela literatura o quanto, sabe-se que o RenovaBio é uma política econômica em relação a outros modelos disponíveis já que incentiva a expansão do seu setor alvo sem a necessidade do gasto dos recursos públicos ou de que o estado renuncie à arrecadação de impostos por meio de desonerações.

Como uma política de recente criação e implantação, o RenovaBio ainda precisa sofrer ajustes em diversos quesitos tanto institucionais e socioeconômicos quanto técnicos. Os resultados obtidos entram em consenso com a literatura ao mostrar que da forma como está estabelecida até o momento a política gera diversas incertezas e precisa ser aprimorada para que seja garantida a sua estabilidade, credibilidade e efetividade nos próximos anos. Logo no seu primeiro ano de pleno funcionamento, em 2020, o RenovaBio teve as suas metas alteradas a fim de absorver os impactos gerados pela pandemia de COVID-19 e apenas dois anos depois o prazo de cumprimento destas foi alterado para que fossem atingidos objetivos políticos. A tributação dos CBIOs ainda não possui estrutura bem definida e as regras do programa não são claras para todos os agentes do setor. A sazonalidade inerente à produção de biocombustíveis e à colocação de CBIOs nos mercados por parte dos produtores que podem vender os títulos quando desejam e de forma livre em relação a prazos, pode também gerar incerteza em relação aos preços dos créditos de descarbonização (COMINETI; PRETEL; SCHLIDWEIN, 2023; GRANGEIA; SANTOS; LAZARO, 2022; NUSDEO et al., 2023).

Além disso, ainda não é possível vender os créditos de descarbonização no mercado internacional de carbono, o quais não são regulamentados de forma que haja fungibilidade com os títulos deste mercado, que seja garantida que não exista duplicidade de emissões de créditos e que haja adequação em relação ao Artigo 6 do Acordo de Paris, o que seria importante para a inserção dos CBIOs em acordos internacionais e para que outros agentes além das distribuidoras de combustíveis no Brasil passem a comprá-los, ainda que não sejam obrigados. Também não existe no RenovaBio um incentivo direto que recompense os produtores de biocombustíveis e os estimule a aumentarem a sua nota de eficiência energético-ambiental e a reinvestirem a receita proveniente dos CBIOs na melhoria dos seus critérios de sustentabilidade e produtividade. A distribuição de parte desta receita entre os agricultores é algo que poderia ser regulamentado para que se possa gerar este incentivo na cadeia produtiva. Tais questões mostram a importância de se aprimorar a lei do RenovaBio e mesmo da criação de um marco legal relacionado ao programa para que estas sejam efetivamente regulamentadas e para que haja uma melhor institucionalização, minimização de conflitos de interesses e uma governança para o programa que também o proteja de interferências políticas (COMINETI; PRETEL; SCHLIDWEIN, 2023; GRANGEIA; SANTOS; LAZARO, 2022; NUSDEO et al., 2023).

O futuro do RenovaBio relaciona-se diretamente com as tendências de consumo dos produtos e na confiabilidade do setor de bioenergia, principalmente, do etanol. As pesquisas apontam que ainda que haja o crescimento da eletrificação no setor de transportes, o uso do etanol é necessário para que haja maior efetividade das estratégias de descarbonização no setor de transportes. Os biocombustíveis são utilizados e regulamentados em todo o mundo e já são tidos como importantes para atingir diversos dos ODS da Agenda 2030. Os veículos híbridos a biometano e a etanol e os elétricos movidos à célula de biocombustível são tecnologias que promovem eficiência no que diz respeito à emissão de carbono e podem ter impacto relevante para o crescimento do setor de biocombustíveis e os seus produtos de forma geral (ALBATAYNEH et al., 2023; EPE, 2023a; GAUTO et al., 2023; MARTINELLI et al. 2022; NAKAMYA, 2022). Vale ressaltar, que para que haja competitividade no setor e o seu desenvolvimento de longo prazo é importante que ocorra a extinção progressiva de desonerações para o mercado de combustíveis fósseis a fim de desincentivar o seu uso nos próximos anos (BLANCHARD; GOLLIER; TIROLE, 2023).

Nos que diz respeito à parte técnica do RenovaBio, há alguns pontos que também merecem atenção para que a política funcione de forma mais adequada. A Avaliação do Ciclo de Vida relacionada à certificação que as empresas obtêm para participar da política ainda não considera variáveis importantes relacionadas ao uso da terra e que envolvem a rastreabilidade e a sustentabilidade da produção como a utilização da bioeletricidade, a incorporação de carbono no solo, a pegada hídrica, os fertilizantes e outros produtos químicos utilizados durante toda a cadeia produtiva dos biocombustíveis. Ainda é uma grande dificuldade medir a rastreabilidade dos grãos utilizados para a produção dos biocombustíveis, especialmente o milho e a soja, já que estes são *commodities* e tem origem de uma grande gama de fornecedores, muitas vezes sendo importados. Isso gera uma baixa elegibilidade na produção de etanol de milho e biodiesel, este último tendo atualmente em média apenas 42% do seu volume produzido elegível para a emissão de CBIOs (ANP, 2023f; CHERUBIN et al., 2021; GRANGEIA; SANTOS; LAZARO, 2022; LAZARO; GIATTI, 2021)

O aprimoramento da RenovaCalc mostra-se constantemente necessário não só para que estas variáveis possam ser consideradas, mas também para que novas tecnologias relacionadas ao setor biocombustíveis como novos produtos, rotas de produção e a eficiência ambiental dos veículos nos quais os biocombustíveis são utilizados possam ser computadas pelo RenovaBio. O engajamento entre as partes pública e a privada envolvidas na política é fundamental para que esta evolução ocorra da melhor forma possível e haja inclusive a

melhora da elegibilidade da produção dos biocombustíveis. É possível que seja necessário rever o tempo de recertificação das empresas para que a melhora dos seus critérios de elegibilidade seja medida e novas variáveis incluídas por meio da evolução da RenovaCalc possam gerar melhores notas de eficiência energético-ambiental e haja uma melhor evolução do RenovaBio, dos seus parâmetros e resultados (COMINETI; PRETEL; SCHLIDWEIN, 2023).

A respeito de fazer com que efetivamente aconteçam os aprimoramentos propostos para o RenovaBio, foram mapeadas por meio das entrevistas com especialistas do setor 15 possíveis ações, as quais foram apresentadas na seção anterior desta pesquisa por meio do Quadro 9. Não foram encontrados estudos focados na implementação de possíveis melhorias para o RenovaBio e, portanto, que corroborem ou gerem alguma divergência com os resultados encontrados. Ainda que este estudo tenha buscado analisar a visão de diversos agentes relacionados à política do RenovaBio, muitos dos quais estão envolvidos com o programa e contribuíram com este desde a sua criação, além de terem atuações que envolvem desde a atividade empresarial, de pesquisa e representem ainda associações relevantes para o setor, os resultados da pesquisa podem não ser exaustivos, havendo a possibilidade de existirem ações a serem mapeadas por meio de pesquisas futuras realizadas com diferentes amostras ou que tenham como foco analisar apenas componentes específicos da política como os seus resultados, impacto, retorno econômico social e a sua eficiência (BRASIL, 2018).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A principal contribuição da presente pesquisa consiste na proposição de 15 aprimoramentos a serem realizados na política do RenovaBio e 9 ações implementadoras. Além disso, foram também listados com base na visão de 15 especialistas do setor de bioenergia, 12 principais pontos relacionados ao desenvolvimento do RenovaBio.

Ainda que a grande parte não tenha sido encontrada em estudos anteriores, diversos dos resultados encontrados corroboram com o que já foi publicado na literatura como a necessidade de se aprimorarem questões técnicas do programa relacionadas à Análise do Ciclo de Vida envolvida na certificação das indústrias participantes do RenovaBio, de se melhorar a rastreabilidade da produção e a elegibilidade de biocombustíveis como o biodiesel produzido a partir da soja (CHERUBIN et al., 2021; GRANGEIA; SANTOS; LAZARO,

2022; LAZARO; GIATTI, 2021). A presença de um ambiente institucional instável e a necessidade de se ajustar a regulamentação relacionada ao RenovaBio também aparecem na literatura, assim como a necessidade de engajamento do setor privado para o seu estabelecimento (COMINETI; PRETEL; SCHLIDWEIN, 2023; DESSI et al., 2022).

Esta pesquisa também contribui ao apresentar o cenário atual do mercado de bioenergia e diversas variáveis relacionadas a este, ao descrever de forma ampla a política do RenovaBio e apresentar o seu histórico desde a sua criação até setembro do ano de 2023 e ao relatar por meio de um estudo de caso a implantação do programa em uma empresa do setor sucroenergético. Vale ressaltar, que principalmente as dificuldades apresentadas pela empresa pelo estudo de caso podem divergir em relação a produtores de outros biocombustíveis e de acordo com o cenário institucional, do mercado de bioenergia e mesmo da evolução da estrutura relacionada ao RenovaBio.

Em relação às informações obtidas por meio das entrevistas com especialistas do setor, estas podem não ser exaustivas, podendo ainda haver aprimoramentos necessários para o RenovaBio a serem mapeados. Porém, devido ao cargo dos entrevistados e à relevância das organizações das quais eles fazem parte, espera-se que os resultados encontrados sejam representativos do ponto de vista do setor de bioenergia.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, Frederico et al. Strategies towards a more sustainable aviation: A systematic review. **Progress in Aerospace Sciences**, v. 137, p. 100878, 2023.
- AHMADI, Leila; KANNANGARA, Miyuru; BENSEBAA, Farid. Cost-effectiveness of small-scale biomass supply chain and bioenergy production systems in carbon credit markets: A life cycle perspective. **Sustainable energy technologies and assessments**, v. 37, p. 100627, 2020.
- ALBATAYNEH, Aiman et al. Future of Electric and Hydrogen Cars and Trucks: An Overview. **Energies**, v. 16, n. 7, p. 3230, 2023.
- ALVES, E. E. C.; BARBOSA, G. G.; RIBEIRO, R. A. **Mudanças nos objetivos energéticos e política externa brasileira: os biocombustíveis no Brasil de 2003 a 2012**. Revista de Estudos Internacionais, v. 9, n. 1, p. 26-46, 2018.
- AMARAL, A. **Regulação do RenovaBio: próximos passos**. FGV Energia. 2018. Disponível em: <https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/arquivos/4-_aurelio_renovabio_vf_aurelio.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2021.
- ANBIMA. **Guia de Operacionalização do CBIO**. 2020. Disponível em: <<https://www.anbima.com.br/data/files/2B/23/E9/0F/FEF447101699D3471B2BA2A8/Guia%20de%20Operacionalizacao%20do%20CBIO.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2021
- ANFAVEA. **Anuário da indústria automobilística brasileira 2022**. 2022. Disponível em: <<https://acervo.anfavea.com.br/AcervoDocs/Anuário%20ANFAVEA%202022-422-0.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2022.
- ANFAVEA. **Anuário da indústria automotiva brasileira 2023**. 2023. Disponível em: <https://k8t3b3j9.rocketcdn.me/site/wp-content/uploads/2023/05/anuario-ATUALIZADO-2023-ALTA_compressed.pdf>. Acesso em: 31 set. 2023.
- ANFAVEA. **Dados Estatísticos para Download**. 2023. Disponível em: <<https://anfavea.com.br/site/edicoes-em-excel/>>. Acesso em: 31 set. 2023.
- ANP. **ANP anuncia medidas para garantir a continuidade do abastecimento e para inibir preços abusivos dos combustíveis**. 2018. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/noticias/4497-anp-anuncia-medidas-para-garantir-a-continuidade-do-abastecimento-e-para-inibir-precos-abusivos-dos-combustiveis>>. Acesso em: 19 fev. 2021.

ANP. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2023**. 2023a. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2023#Seção%202>>. Acesso em: 01 set. 2023.

ANP. Dados estatísticos, 2020b. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos>>. Acesso em: 30 mar. 2021.

ANP. **Painel Dinâmico de Produtores de Biodiesel**. 2023b. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/paineis-e-mapa-dinamicos-de-produtores-de-combustiveis-e-derivados/painel-dinamico-de-produtores-de-biodiesel>>. Acesso em: 08 set. 2023.

ANP. **Painel Dinâmico RenovaBio – Certificação de Biocombustíveis**. 2023f. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMmY2MDIOTgtNWRhNy00YmQ4LTk3ZTI0NTNlNGNjZjBhNDVhIiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTI0YTYtNGI0Mi1iN2VmLTExNGFmY2FkYzIxMyJ9>>. Acesso em: 01 out. 2023.

ANP. **Painel Dinâmico RenovaBio – Plataforma CBIO**. 2023c. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZDZlZjI3ZGQtYWUyZS00ZDkyLTk4MDMtMmI4MzE5YWNiOGYzIiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTI0YTYtNGI0Mi1iN2VmLTExNGFmY2FkYzIxMyJ9&pageName=ReportSection4254c3f87ec1490a2ff8>>. Acesso em: 01 out. 2023.

ANP. **RenovaBio atinge marca de 100 milhões de CBIOs emitidos**. 2023e. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/renovabio-atinge-marca-de-100-milhoes-de-cbios-emitidos>. Acesso em: 28 set. 2023.

ANP. **RenovaBio: ANP divulga dados de cumprimento da meta individual de 2022 por distribuidores de combustíveis**. 2023f. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/renovabio-anp-divulga-dados-de-cumprimento-da-meta-individual-de-2022-por-distribuidores-de-combustiveis>. Acesso em: 28 set. 2023.

ANP. **RenovaBio: prazo para cumprimento das metas de descarbonização de 2022 se encerra em 30/9**. 2023d. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/renovabio-prazo-para-cumprimento-das-metas-de-descarbonizacao-de-2022-se-encerra-em-30-9>. Acesso em: 27 set. 2023.

ANP. **RenovaBio**. s.d. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/renovabio>>. Acesso em: 01 mai. 2021.

ANP. **RenovaCalc**. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio/renovacalc>>. Acesso em: 02 mai. 2023.

ATALAY, Yasemin; BIERMANN, Frank; KALFAGIANNI, Agni. Adoption of renewable energy technologies in oil-rich countries: Explaining policy variation in the Gulf Cooperation Council states. **Renewable Energy**, v. 85, p. 206-214, 2016.

AVILA, D.T., DOS SANTOS, R.I., MENDLING, J., THOM, L.H. **A systematic literature review of process modeling guidelines and their empirical support**. *Business Process Management Journal*, v. 27, p.1–23, 2020.

AXSEN, Jonn; WOLINETZ, Michael. What does a low-carbon fuel standard contribute to a policy mix? An interdisciplinary review of evidence and research gaps. **Transport Policy**, 2023.

AZMI, Wajahat et al. ESG activities and banking performance: International evidence from emerging economies. **Journal of International Financial Markets, Institutions and Money**, v. 70, p. 101277, 2021.

B3. **CBIO - Crédito de descarbonização: Volume Negociado**. Disponível em: <http://estatisticas.cetip.com.br/astec/series_v05/paginas/lum_web_v04_10_03_consulta.as>. Acesso em: 01 out. 2023.

BAJAY, S. V.; NOGUEIRA, L. A. H.; SOUSA, F. J. R. de. O etanol na matriz energética brasileira. In: SOUZA, E. L. L.; MACEDO, I. C. **Etanol e Bioeletricidade - A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. 1 ed. São Paulo: Unica, 2010. Cap. 9.

BANCO MUNDIAL. **World Bank Commodity Price Data**. 2023. Disponível em: <<https://thedocs.worldbank.org/en/doc/5d903e848db1d1b83e0ec8f744e55570-0350012021/related/CMO-Pink-Sheet-August-2023.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2023.

BANSAL, Pratima; SONG, Hee-Chan. Similar but not the same: Differentiating corporate sustainability from corporate responsibility. **Academy of Management Annals**, v. 11, n. 1, p. 105-149, 2017.

BARAHOEI, Malihe; HATAMIPOUR, Mohammad Sadegh; AFSHARZADEH, Saeed. CO2 capturing by chlorella vulgaris in a bubble column photo-bioreactor; Effect of bubble size on CO2 removal and growth rate. **Journal of CO2 Utilization**, v. 37, p. 9-19, 2020.

BASTOS, Valéria Delgado. Etanol, álcoolquímica e biorrefinarias. **BNDES Setorial, Rio de Janeiro**, n. 25, p. 5-38, 2007.

BHATTARAI, Nabin et al. Are Countries Ready for REDD+ Payments? REDD+ Readiness in Bhutan, India, Myanmar, and Nepal. **Sustainability**, v. 15, n. 7, p. 6078, 2023.

BLANCHARD, Olivier; GOLLIER, Christian; TIROLE, Jean. The portfolio of economic policies needed to fight climate change. **Annual Review of Economics**, v. 15, n. 1, p. 689-722, 2023.

BNDES. **BNDES cria programa com taxa incentivada para estimular redução de emissões de CO2 no setor de combustíveis**. 2021. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-cria-programa-com-taxa-incentivada-para-estimular%20reduca-de-emissoes%20-de-co2-no-setor-de-combustiveis>>. Acesso em: 11 mai. 2022

BNDES. **Hidrogênio de baixo carbono: oportunidades para o protagonismo brasileiro na produção de energia limpa**. 2022. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/22665/1/PRLiv_Hidrogênio%20de%20baixo%20carbono_215712.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2023

BORDELANNE, Olivier et al. Biomethane CNG hybrid: A reduction by more than 80% of the greenhouse gases emissions compared to gasoline. **Journal of Natural Gas Science and Engineering**, v. 3, n. 5, p. 617-624, 2011.

BORDONAL, Ricardo de Oliveira et al. Sustainability of sugarcane production in Brazil. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 38, p. 1-23, 2018.

BOSE, Andy et al. **Voluntary markets for carbon offsets: Evolution and lessons for the LNG market**. OIES Paper: ET, 2021.

BOWEN, H. R. Social Responsibilities of the Businessman. Harper & Row: N. Y. Y, USA, 1953.

BRASIL. **Avaliação de Políticas Públicas: Guia prático de análise ex post**. 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/downloads/guiaexpost.pdf/@@download/file>>. Acesso em: 30 set. 2023.

BRASIL. **Governo retoma o RenovaBio com mudanças para fortalecer o programa**. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2023/04/governo-retoma-o-renovabio-com-mudancas-para-fortalecer-o-programa>>. Acesso em: 08 ago. 2023.

BRICE, Jeremy et al. Immaterial animals and financialized forests: Asset manager capitalism, ESG integration and the politics of livestock. **Environment and Planning A: Economy and Space**, v. 54, n. 8, p. 1551-1568, 2022.

BRINKMAN, Marnix LJ et al. Interregional assessment of socio-economic effects of sugarcane ethanol production in Brazil. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 88, p. 347-362, 2018.

BURBANO, Vanessa C.; MAMER, John; SNYDER, Jason. Pro bono as a human capital learning and screening mechanism: Evidence from law firms. **Strategic Management Journal**, v. 39, n. 11, p. 2899-2920, 2018.

CABRERA, Eduardo; DE SOUSA, João M. Melo. Use of sustainable fuels in aviation—A Review. **Energies**, v. 15, n. 7, p. 2440, 2022.

CALIFÓRNIA AIR RESOURCES BOARD. **Low Carbon Fuel Standard**. 2023. Disponível em: <<https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/low-carbon-fuel-standard>>. Acesso em: 20 set 2023.

CAMPOS, Julio N.; VIGLIO, José E. Drivers of ethanol fuel development in Brazil: A sociotechnical review. **MRS Energy & Sustainability**, p. 1-14, 2021.

CANABARRO, Nicholas Islongo et al. Sustainability assessment of ethanol and biodiesel production in Argentina, Brazil, Colombia, and Guatemala. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 171, p. 113019, 2023.

CARDOSO, Terezinha de Fátima et al. Avaliação socioeconômica e ambiental de sistemas de recolhimento e uso da palha de cana-de-açúcar. 2014.

CASTRO, N. J. de; BRANDÃO, R.; DANTAS, G. de A. A bioeletricidade sucroenergética na matriz elétrica. In: SOUZA, E. L. L.; MACEDO, I. C. **Etanol e Bioeletricidade - A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. 1 ed. São Paulo: Unica, 2010. Cap.5 p. 137 – 151.

CERIBELI, H., B.; DE PÁDUA, S. I. D.; MERLO, E. M. BPM: um estudo de caso dos fatores críticos de sucesso. **Journal of Globalization, Competitiveness & Governability/Revista de Globalización, Competitividad y Gobernabilidad/Revista de Globalização, Competitividade e Governabilidade**, v. 7, n. 2, p. 106-117, 2013.

CHAGAS, André Luis Squarize; TONETO-JÚNIOR, Rudinei; AZZONI, Carlos Roberto. Teremos que trocar energia por comida? Análise do impacto da expansão da produção de cana-de-açúcar sobre o preço da terra e dos alimentos. **Revista Economia**, 2008.

CHERUBIN, Maurício Roberto et al. Land use and management effects on sustainable sugarcane-derived bioenergy. **Land**, v. 10, n. 1, p. 72, 2021.

CHIARAMONTI, David. Sustainable aviation fuels: the challenge of decarbonization. **Energy Procedia**, v. 158, p. 1202-1207, 2019.

CIBIOGAS. **Panorama do biogás no Brasil 2022**. 2023. Disponível em: <https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms%2Ffiles%2F54738%2F1694006188CIBiogs_Panorama_do_Biogs_no_Brasil_2022.pdf>. Acesso em: 07 set. 2023.

CLARK, J. M. Social control of business McGraw hill. **New York, NY**, 1939.

CNPE. **Resolução nº 3, de 20 de março de 2023**. 2023. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/despacho-do-presidente-da-republica-473383252>>. Acesso em: 08 set. 2023

COASE, Ronald H. The problem of social cost. In: **Classic papers in natural resource economics**. Palgrave Macmillan, London, 1960. p. 87-137.

COELHO, Suani Teixeira et al. Bioenergy policies worldwide. **Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences**, 2021.

COMINETI, Camila da Silva Serra; PRETEL, Ariel Fernandes; SCHLINDWEIN, Madalena Maria. The type of development promoted by Brazilian National Biofuels Policy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 182, p. 113368, 2023.

CONCA, Lavinia et al. The impact of direct environmental, social, and governance reporting: Empirical evidence in European-listed companies in the agri-food sector. **Business Strategy and the Environment**, v. 30, n. 2, p. 1080-1093, 2021.

COSTA, Marina Weyl; OLIVEIRA, Amir AM. Social life cycle assessment of feedstocks for biodiesel production in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 159, p. 112166, 2022.

CRILLY, Donal; SLOAN, Pamela. Enterprise logic: explaining corporate attention to stakeholders from the ‘inside-out’. **Strategic Management Journal**, v. 33, n. 10, p. 1174-1193, 2012.

CUNNINGHAM, Lynn J. et al. Alternative Fuel and Advanced Vehicle Technology Incentives: Summary of Federal Programs, 2013.

DAHIYA, Anju. Bioenergy—biomass to biofuels: an overview. **Bioenergy: biomass to biofuels**. Elsevier, Amsterdam, p. 1-36, 2014.

DAVIS, Keith. Can business afford to ignore social responsibilities? **California management review**, v. 2, n. 3, p. 70-76, 1960.

DE SORDI, J. O. **Gestão Por Processos: uma abordagem da moderna administração**. 2ª edição. ed. [S.l.]: Saraiva, 2008.

DE SOUZA, Nariê Rinke Dias et al. Unraveling the potential of sugarcane electricity for climate change mitigation in Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 175, p. 105878, 2021.

DENNY, Danielle Mendes Thame. Competitive renewables as the key to energy transition—RenovaBio: the Brazilian biofuel regulation. In: **The regulation and policy of latin American energy transitions**. Elsevier, 2020. p. 223-242.

DESJARDINE, Mark R.; MARTI, Emilio; DURAND, Rodolphe. Why activist hedge funds target socially responsible firms: The reaction costs of signaling corporate social responsibility. **Academy of Management Journal**, n. ja, 2020.

DESSI, F. et al. Sustainable technology acceptability: Mapping technological, contextual, and social-psychological determinants of EU stakeholders’ biofuel acceptance. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 158, p. 112114, 2022.

DIAS, Tomás Andrade da Cunha et al. Global potential assessment of available land for bioenergy projects in 2050 within food security limits. **Land Use Policy**, v. 105, p. 105346, 2021.

DÍAZ, Violeta; IBRUSHI, Denada; ZHAO, Jialin. Reconsidering systematic factors during the COVID-19 pandemic—The rising importance of ESG. **Finance Research Letters**, v. 38, p. 101870, 2021.

DONG, Xin; HE, Bao-Jie. A standardized assessment framework for green roof decarbonization: A review of embodied carbon, carbon sequestration, bioenergy supply, and operational carbon scenarios. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 182, p. 113376, 2023.

DRUCKER, Peter F. *The Practice of Management*. 1954.

DUQUE-GRISALES, Eduardo; AGUILERA-CARACUEL, Javier. Environmental, social and governance (ESG) scores and financial performance of multilatinas: Moderating effects of geographic international diversification and financial slack. **Journal of Business Ethics**, p. 1-20, 2019.

EBADIAN, Mahmood et al. Biofuels policies that have encouraged their production and use: An international perspective. **Energy Policy**, v. 147, p. 111906, 2020.

ECCLES, Robert G.; LEE, Linda-Eling; STROEHLE, Judith C. The social origins of ESG: An analysis of Innovest and KLD. **Organization & Environment**, v. 33, n. 4, p. 575-596, 2020.

ECCLES, Robert G.; STROEHLE, Judith C. Exploring social origins in the construction of ESG measures. **Available at SSRN 3212685**, 2018.

EISENHARDT, K.M. **Building theories form case study research**. *Academy of Management Review*. New York, New York, v. 14 n. 4, 1989.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2022**. 2023c. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-756/NT-EPE-DPG-SDB-2023-01_Analise_de_Conjuntura_dos_Biocombustiveis_Ano2022.pdf>. Acesso em: 04 set. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2023**. 2023b. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Fact%20Sheet%202023%20-%20Anuário%20Estatístico%20de%20Energia%20Elétrica.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional 2021**. 2021. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados->

abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>.

Acesso em: 04 mai. 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2032: Oferta de Biocombustíveis**. 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-689/topico-640/PDE%202032%20-%20Oferta%20de%20Biocombustiveis_27dez2022_envio.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Mapa Interativo dos Mandatos de Teor de Biocombustíveis Líquidos do Setor de Transportes no Mundo**. 2023a. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/mapa-interativo-dos-mandatos-de-teor-de-biocombustiveis-liquidos-do-setor-de-transportes-no-mundo>>. Acesso em: 28 ago. 2023.

ERRERA, M. R. et al. Global bioenergy potentials projections for 2050. **Biomass and Bioenergy**, v. 170, p. 106721, 2023.

EUR-LEX. **Directive (EU) 2018/2001 of the European parliament and of the council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources**. 2022. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02018L2001-20220607>>. Acesso em: 20 set. 2023.

FAJARDY, Mathilde; MAC DOWELL, Niall. Recognizing the value of collaboration in delivering carbon dioxide removal. **One Earth**, v. 3, n. 2, p. 214-225, 2020.

FARINA, E.; VIEGAS, C.; PEREDA, P.; GARCIA, C. Mercado e concorrência do etanol. In: SOUZA, E. L. L.; MACEDO, I. C. **Etanol e Bioeletricidade - A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. 1 ed. São Paulo: Unica, 2010. Cap. 8.

FATEMI, Ali; GLAUM, Martin; KAISER, Stefanie. ESG performance and firm value: The moderating role of disclosure. **Global Finance Journal**, v. 38, p. 45-64, 2018.

FIORINI, Ana Carolina Oliveira et al. Sustainable aviation fuels must control induced land use change: an integrated assessment modelling exercise for Brazil. **Environmental Research Letters**, v. 18, n. 1, p. 014036, 2023.

FLAMMER, Caroline; KACPERCZYK, Aleksandra. Corporate social responsibility as a defense against knowledge spillovers: Evidence from the inevitable disclosure doctrine. **Strategic Management Journal**, v. 40, n. 8, p. 1243-1267, 2019.

FOLQUÉ, Maria; ESCRIG-OLMEDO, Elena; CORZO SANTAMARÍA, Teresa. Sustainable development and financial system: Integrating ESG risks through sustainable investment strategies in a climate change context. **Sustainable Development**, 2021.

FRIEDMAN, Milton. The social responsibility of business is to increase its profits. In: **Corporate ethics and corporate governance**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007. p. 173-178.

GARCIA, Alexandre Sanches; MENDES-DA-SILVA, Wesley; ORSATO, Renato J. Sensitive industries produce better ESG performance: Evidence from emerging markets. **Journal of cleaner production**, v. 150, p. 135-147, 2017.

GAUTO, Marcelo Antunes et al. Hybrid vigor: Why hybrids with sustainable biofuels are better than pure electric vehicles. **Energy for Sustainable Development**, v. 76, p. 101261, 2023.

GONÇALVES, Felipe de Oliveira et al. Evaluation of the feasibility of ethanol and gasoline in solid oxide fuel cell vehicles in Brazil. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 46, n. 73, p. 36381-36397, 2021.

GONÇALVES, Felipe de Oliveira et al. Thorough evaluation of the available light-duty engine technologies to reduce greenhouse gases emissions in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 358, p. 132051, 2022.

GRANGEIA, Carolina; SANTOS, Luan; LAZARO, Lira Luz Benites. The Brazilian biofuel policy (RenovaBio) and its uncertainties: An assessment of technical, socioeconomic and institutional aspects. **Energy Conversion and Management: X**, v. 13, p. 100156, 2022.

GRASSI, M. C. B.; PEREIRA, G. A. G. Energy-cane and RenovaBio: Brazilian vectors to boost the development of Biofuels. **Industrial crops and products**, v. 129, p. 201-205, 2019.

HASAN, Morshadul et al. Sustainable biofuel economy: A mapping through bibliometric research. **Journal of environmental management**, v. 336, p. 117644, 2023.

HINDRIKS, Jean; MYLES, Gareth D. **Intermediate public economics**. MIT press, 2013.

IATA. **Developing Sustainable Aviation Fuel (SAF)**. 2023. Disponível em: <<https://www.iata.org/en/programs/environment/sustainable-aviation-fuels/>>. Acesso em: 01 set. 2023.

ICIS. **ICIS explains: RED III and its implications for hydrogen**. 2023. Disponível em: <<https://www.icis.com/explore/resources/news/2023/09/13/10924662/icis-explains-red-iii-and-its-implications-for-hydrogen/>>. Acesso em: 19 set. 2023.

IEA. **Biofuel Policy in Brazil, India, and the United States: Insights for the Global Biofuel Alliance**. 2023b. Disponível em: <<https://biofutureplatform.org/wp-content/uploads/2023/07/BiofuelPolicyinBrazilIndiaandtheUnitedStates.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2023.

IEA. **Biofuels in Emerging Markets: Potential for sustainable production and consumption**. 2023a. Disponível em: <<https://task39.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/37/2023/03/Biofuels-in-Emerging-Markets.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2023.

IEA. **International Energy Outlook 2019 with projections to 2050**. 2019. Disponível em: <<https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/ieo2019.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2022.

IEA. **World Energy Outlook 2022**. 2022. Disponível em: <<https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2023.

IOANNOU, Ioannis; SERAFEIM, George. The impact of corporate social responsibility on investment recommendations: Analysts' perceptions and shifting institutional logics. **Strategic Management Journal**, v. 36, n. 7, p. 1053-1081, 2015.

IRENA. **Renewable energy statistics 2023**. 2023. Disponível em: <https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jul/IRENA_Renewable_energy_statistics_2023.pdf?rev=7b2f44c294b84cad9a27fc24949d2134>. Acesso em: 28 ago. 2023.

ITAÚ BBA. **Cenário nacional de milho e etanol de milho**. 2023a. Disponível em: <<https://www.itaubba.com.br/media/dam/m/17a279487890e193/original/Radar-Agro-Etanol-Milho.pdf>>. Acesso em 07 set. 2023.

ITAÚ BBA. **Monitoramento Quinzenal – RenovaBio 2ª quinzena de setembro de 2023.** 2023b. Disponível em: <<https://blog.itaub.com.br/ibba/agronegocio/radar-agro/radar-agro--renovabioquinzenal>>. Acesso em 01 out. 2023.

JAISWAL, Deepak et al. Brazilian sugarcane ethanol as an expandable green alternative to crude oil use. **Nature Climate Change**, v. 7, n. 11, p. 788-792, 2017.

KLEIN, Bruno Colling et al. Low carbon biofuels and the New Brazilian National Biofuel Policy (RenovaBio): A case study for sugarcane mills and integrated sugarcane-microalgae biorefineries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 115, p. 109365, 2019.

KNOBLOCH, Florian et al. Net emission reductions from electric cars and heat pumps in 59 world regions over time. **Nature sustainability**, v. 3, n. 6, p. 437-447, 2020.

KOSTOPOULOS, Emmanouil D.; SPYROPOULOS, George C.; KALDELLIS, John K. Real-world study for the optimal charging of electric vehicles. **Energy Reports**, v. 6, p. 418-426, 2020.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos da metodologia científica**. In: Fundamentos da metodologia científica. 2010.

LAZARO, L. L. B. et al. What is green finance, after all? –Exploring definitions and their implications under the Brazilian biofuel policy (RenovaBio). **Journal of Climate Finance**, v. 2, p. 100009, 2023.

LAZARO, Lira Luz Benites; GIATTI, Leandro Luiz; DE OLIVEIRA, Jose Antonio Puppim. Water-energy-food nexus approach at the core of businesses –How businesses in the bioenergy sector in Brazil are responding to integrated challenges?. **Journal of Cleaner Production**, v. 303, p. 127102, 2021.

LAZARO, Lira Luz Benites; THOMAZ, Lais Forti. A Participação de stakeholders na formulação da política brasileira de biocombustíveis (RenovaBio). **Ambiente & Sociedade**, v. 24, 2021.

LEITE, R., C. C.; LEAL, M. R. L. V. **O biocombustível no Brasil**. *Novos estudos - CEBRAP*, n. 78, p. 15–21, 2007.

LI, Shuhong et al. Effect of different nitrogen ratio on the performance of CO₂ absorption and microalgae conversion (CAMC) hybrid system. **Bioresource technology**, v. 306, p. 123126, 2020.

LIU, Yang et al. A competitive carbon emissions scheme with hybrid fiscal incentives: the evidence from a taxi industry. **Energy Policy**, v. 102, p. 414-422, 2017.

MADDERN, H. et al. **End-to-end process management: implications for theory and practice**. *Production Planning & Control*, v. 25, n. 16, p. 1303-1321, 2014.

MANDEGARI, Mohsen; EBADIAN, Mahmood; SADDLER, Jack John. The need for effective life cycle assessment (LCA) to enhance the effectiveness of policies such as low carbon fuel standards (LCFS's). **Energy Policy**, v. 181, p. 113723, 2023.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisa; amostragens e técnicas de pesquisa; elaboração, análise e interpretação de dados. In: **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisa; amostragens e técnicas de pesquisa; elaboração, análise e interpretação de dados**. 2012. p. 277-277.

MAROUN, Christianne; SCHAEFFER, Roberto. Emulating new policy goals into past successes: Greenhouse gas emissions mitigation as a side effect of biofuels programmes in Brazil. **Climate and Development**, v. 4, n. 3, p. 187-198, 2012.

MARTINELLI, Fernanda Silva et al. Will Brazil's push for low-carbon biofuels contribute to achieving the SDGs? A systematic expert-based assessment. **Cleaner Environmental Systems**, v. 5, p. 100075, 2022.

MARTINELLI, Luiz A.; FILOSO, Solange. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: environmental and social challenges. **Ecological Applications**, v. 18, n. 4, p. 885-898, 2008.

MARTÍNEZ, Jesús Barrena; FERNÁNDEZ, Macarena López; FERNÁNDEZ, Pedro Miguel Romero. Corporate social responsibility: Evolution through institutional and stakeholder perspectives. **European journal of management and business economics**, v. 25, n. 1, p. 8-14, 2016.

MARTINEZ, Leticia Franco et al. Geo Biogas & Tech: leading sustainable energy transition in Brazil through biogas business. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 26, n. 2, p. 341-354, 2023.

MCKINSEY. **Mercado voluntário de carbono tem potencial gigantesco no Brasil**. 2022. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com.br/our-insights/all-insights/mercado-voluntario-de-carbono-tem-potencial-gigantesco-no-brasil>>. Acesso em: 16 set. 2023.

MEIRA FILHO, Luis Gylvan; MACEDO, Isaias C. Etanol e mudança do clima: a contribuição para o PNMC e as metas para o pós-Kyoto, 2009.

MELO, M. C. R. **Políticas públicas brasileiras de biocombustíveis: estudo comparativo entre os programas de incentivos à produção, com ênfase em etanol e biodiesel**. 83 f. Dissertação (Mestrado em Biocombustíveis) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

MICHAELOWA, Axel; SHISHLOV, Igor; BRESCIA, Dario. Evolution of international carbon markets: lessons for the Paris Agreement. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, v. 10, n. 6, p. e613, 2019.

MILANEZ, Artur Yabe et al. Biocombustíveis de aviação no Brasil: uma agenda de sustentabilidade. 2021. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/22048/1/PR_Biocombustiveis%20de%20Aviacao%20no%20Brasil_Revista%20BNDES_n.%2056.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2023.

MILANEZ, Artur Yabe et al. Biogás: evolução recente e potencial de uma nova fronteira de energia renovável para o Brasil. **BNDES Setorial, Rio de Janeiro**, n. 53, p. 177-216, 2021.

MILANEZ, Artur Yabe et al. De promessa a realidade: como o etanol celulósico pode revolucionar a indústria da cana-de-açúcar: uma avaliação do potencial competitivo e sugestões de política pública. **BNDES Setorial, Rio de Janeiro**, n. 41, 2015.

MILANEZ, Artur Yabe; NYKO, Diego. O futuro do setor sucroenergético e o papel do BNDES. **BNDES Setorial, Rio de Janeiro**, p. 62-87, 2012.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (MAPA). **Projeções do Agronegócio 2022-2023 a 2032-2033**. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do->

agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2022-2023-a-2032-2033.pdf/view>. Acesso em: 01 set. 2023.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Legislação Rota 2030**. 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/setor-automotivo/legislacao-rota>>. Acesso em: 11 mai. 2022.

MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES (MRE). **Lançamento da Aliança Global para Biocombustíveis**. 2023. Disponível em <https://www.gov.br/mre/pt-br/canais_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/lancamento-da-alianca-global-para-biocombustiveis>. Acesso em: 10 set. 2023.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **CNPE delibera sobre metas do RenovaBio e rodadas de licitações**. 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/cnpe-delibera-sobre-metas-do-renovabio-e-rodadas-de-licitaco-1>>. Acesso em: 10 out. 2021.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Mais de 24 milhões de toneladas de gases de efeito estufa foram evitados com a utilização de biocombustíveis em 2021**. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mais-de-24-milhoes-de-toneladas-de-gases-de-efeito-estufa-foram-evitados-com-a-utilizacao-de-biocombustiveis-em-2021>>. Acesso em: 20 fev. 2022.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Metas de Descarbonização do RenovaBio**. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/nota-a-imprensa-metas-de-descarbonizacao-do-renovabio>>. Acesso em: 11 out. 2021.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **MME divulga balanço do RenovaBio em 2020 e metas de redução de emissões para 2022-2031**. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-divulga-balanco-do-renovabio-em-2020-e-metas-de-reducao-de-emissoes-para-2022-2031-1>>. Acesso em: 05 mai. 2020.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **P&R - RenovaBio. [2020b]**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/36224/459914/P%26R+-+RenovaBio.pdf/15053f36-eb31-3ed4-04b4-8b0775fc8e82>>. Acesso em: 30 abr. 2020.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Programa Combustível do Futuro**. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-combustivel-do-futuro>>. Acesso em: 30 set. 2023.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **RenovaBio - Nota Explicativa sobre a Proposta de Criação da Política Nacional de Biocombustíveis**. 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/36224/459938/Nota+Explicativa+RENOVABIO+-+Documento+de+CONSOLIDACAO+-+site.pdf/dc4b6756-d7ca-ab6a-4aac-226c4b8bf436>>. Acesso em: 30 abr. 2020.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS (MDIC). **ComexStat**. 2022. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>>. Acesso em 20 ago. 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Acordo de Paris**. s.d. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em: 30 abr. 2020.

MORAES, M. A. F. D. de et al. Externalidades sociais dos combustíveis. In: SOUZA, E. L. L.; MACEDO, I. C. **Etano e bioeletricidade - A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. 1 ed. São Paulo: Unica, 2010. Cap. 2 p. 48 – 74.

MORAES, M. L.; BACCHI, M. R. P. **Etanol: do início às fases atuais de produção**. Revista de Política Agrícola, v. 23, n. 4, p. 5-22, 2014.

MOREIRA, M. R.; SEABRA, J. E. A.; LYND, L. R.; ARANTES, S. M.; CUNHA, M. P.; GUILHOTO, J. J. M. **Socio-environmental and land-use impacts of double-cropped maize ethanol in Brazil**. Nature Sustainability, v.8, 2020.

MUTZ, D., HENGEVOSS, D., HUGI, C., GROSS, T. (2017). **Waste-to-Energy Options in Municipal Solid Waste Management: A Guide for Decision Makers in Developing and Emerging Countries**. (1st ed.). Eschborn: GIZ.

NAKADA, Shunichi; SAYGIN, Deger; GIELEN, Dolf. Global bioenergy supply and demand projections: a working paper for REmap 2030. **International Renewable Energy Agency (IRENA)**, p. 1-88, 2014.

NAKAMYA, Miria. How sustainable are biofuels in a natural resource-dependent economy?. **Energy for Sustainable Development**, v. 66, p. 296-307, 2022.

NANDHINI, Rajendran et al. Carbon-free hydrogen and bioenergy production through integrated carbon capture and storage technology for achieving sustainable and circular economy—A review. **Fuel**, p. 126984, 2022.

NEVES, Marcos Fava et al. Agriculture 6.0: A New Proposal for the Future of Agribusiness. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 17, n. 9, p. e04004-e04004, 2023.

NEVES, Marcos Fava et al. **Etanol de Milho: Cenário Atual e Perspectivas para a Cadeia no Brasil**. 1 ed. Ribeirão Preto: UNEM, 2021.

NEVES, Marcos Fava.; TROMBIN, V. G.; CONSOLI, M. O mapa sucroenergético do Brasil. In: SOUZA, E. L. L.; MACEDO, I. C. **Etanol e bioeletricidade - A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. 1 ed. São Paulo: Unica, 2010. Cap. 1 p. 18 – 34.

NIGRO, F.; SZWARC, A. O etanol como combustível. In: SOUZA, E. L.L.; MACEDO, I. C. **Etanol e Bioeletricidade - A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. 1 ed. São Paulo: Unica. 2010. Cap. 6 p. 156 – 187.

NUSDEO, Ana Maria de Oliveira et al. Regulatory barriers for the implementation of brazilian climate policies in the AFOLU sector: forest code, ABC plan, and Renovabio. 2023.

OECD/FAO. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030**. 2021. Disponível em: <<https://www.oecd.org/publications/oecd-fao-agricultural-outlook-19991142.htm>>. Acesso em: 06 set. 2021.

OLIVEIRA, Maria Marly de. Como fazer pesquisa qualitativa. In: **Como fazer pesquisa qualitativa**. 2013. p. 232-232.

ONU Brasil. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2023. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 26 ago. 2023.

PEDERSEN, Lasse Heje; FITZGIBBONS, Shaun; POMORSKI, Lukasz. Responsible investing: The ESG-efficient frontier. **Journal of Financial Economics**, 2020.

PHADERMROD, Boonyarat; CROWDER, Richard M.; WILLS, Gary B. Importance-performance analysis-based SWOT analysis. **International journal of information management**, v. 44, p. 194-203, 2019.

PIGOU, Arthur Cecil; ASLANBEIGUI, Nahid. **The economics of welfare**. Routledge, 2017.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomics**. Pearson. 2015.

PIRES, A.; SCHECHTMAN, R. Políticas internacionais de biocombustíveis. In: SOUZA, E. L. L.; MACEDO, I. C. **Etanol e Bioeletricidade - A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. 1 ed. São Paulo: Unica, 2010. Cap. 7 p. 192 – 220.

PIRIS-CABEZAS, Pedro; LUBOWSKI, Ruben N.; LESLIE, Gabriela. Estimating the potential of international carbon markets to increase global climate ambition. **World Development**, v. 167, p. 106257, 2023.

PROSKURINA, Svetlana; MENDOZA-MARTINEZ, Clara. Expectations for Bioenergy Considering Carbon Neutrality Targets in the EU. **Energies**, v. 16, n. 14, p. 5314, 2023.

RABOBANK. **Decarbonizing the Cane Business – Experiences from Brazil**. 2023. Disponível em: <<https://research.rabobank.com/far/en/sectors/sugar/decarbonizing-the-cane-business-experiences-from-brazil.html#>>. Acesso em 01 out. 2023.

RAHMAN, Farahiyah Abdul et al. Pollution to solution: Capture and sequestration of carbon dioxide (CO₂) and its utilization as a renewable energy source for a sustainable future. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 71, p. 112-126, 2017.

RATHMANN, Régis; SZKLO, Alexandre; SCHAEFFER, Roberto. Land use competition debate. **Renewable Energy**, v. 35, n. 1, p. 14-22, 2010.

RIBEIRO, Carolina Habib; DA CUNHA, Marcelo Pereira. The economic and environmental impacts of Brazilian National Biofuel Policy. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 16, n. 2, p. 413-434, 2022.

RITCHIE, Hannah; ROSER, Max; ROSADO, Pablo. CO₂ and greenhouse gas emissions. **Our world in data**, 2020.

ROSSETTO, Raffaella et al. Sustainability in sugarcane supply chain in Brazil: Issues and way forward. **Sugar Tech**, v. 24, n. 3, p. 941-966, 2022.

SALDIVA, P. H. N.; ANDRADE, M. de F.; MIRAGLIA, S. G. E. K.; ANDRÉ, P. A. de. O etanol e a saúde. In: SOUZA, E. L. L.; MACEDO, I. C. **Etanol e Bioeletricidade - A cana-**

de-açúcar no futuro da matriz energética. 1 ed. São Paulo: Unica, 2010. Cap. 4 p. 101 – 133.

SEABRA, Joaquim EA et al. Life cycle assessment of Brazilian sugarcane products: GHG emissions and energy use. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 5, n. 5, p. 519-532, 2011.

SERPRO. **Sobre a plataforma CBIO.** s.d. Disponível em: <<https://www.serpro.gov.br/menu/nosso-portfolio/por-linha-de-negocio-1/servicos-sob-medida/cbio>>. Acesso em: 30 abr. 2020.

SHAHID, Muhammad Kashif et al. Biofuels and biorefineries: Development, application and future perspectives emphasizing the environmental and economic aspects. **Journal of Environmental Management**, v. 297, p. 113268, 2021.

SHISHLOV, Igor; MOREL, Romain; BELLASSEN, Valentin. Compliance of the Parties to the Kyoto Protocol in the first commitment period. **Climate Policy**, v. 16, n. 6, p. 768-782, 2016.

SIF, U. S. Report on US sustainable, responsible and impact investing trends. The US SIF Foundation. Disponível em: <<https://www.ussif.org/fastfacts>>. Acesso em: 01 jun. 2021.

SILVEIRA, Brenda HM; COSTA, Hirdan KM; SANTOS, Edmilson M. Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS) in Brazil: A Review. **Energies**, v. 16, n. 4, p. 2021, 2023.

SMART, P. A.; MADDERN, H.; MAULL, R. S. Understanding business process management: implications for theory and practice. **British journal of management**, v. 20, n. 4, p. 491-507, 2009.

SPIPKER, Gregor; NUGENT, Nick. Voluntary Carbon Market Derivatives: Growth, Innovation, & Usage. **Borsa Istanbul Review**, 2022.

SRIDHARAN, Visvesh. Bridging the Disclosure Gap: Investor Perspectives on Environmental, Social & Governance (ESG) Disclosures. **Social & Governance (ESG) Disclosures (May 11, 2018)**, 2018.

STUBENRAUCH, Jessica; GARSKE, Beatrice. Forest protection in the EU's renewable energy directive and nature conservation legislation in light of the climate and biodiversity

crisis—Identifying legal shortcomings and solutions. **Forest Policy and Economics**, v. 153, p. 102996, 2023.

TONETO JUNIOR, Rudinei; BARTOCCI LIBONI, Lara. Evolução recente do mercado de trabalho da cana-de-açúcar no Brasil (1995-2006). **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 10, n. 3, 2008.

UDOP. **Índia amplia mistura de etanol na gasolina para 20%**. 2023a. Disponível em: <<https://www.udop.com.br/noticia/2023/02/06/india-amplia-mistura-de-etanol-na-gasolina-para-20.html>>. Acesso em: 29 ago. 2023.

UDOP. **MS teve a 2ª maior produção de etanol de milho no Brasil na safra 2022/23, com apenas uma usina em operação**. 2023b. Disponível em: <<https://www.udop.com.br/noticia/2023/04/19/ms-teve-a-2-maior-producao-de-etanol-de-milho-no-brasil-na-safra-2022-23-com-apenas-uma-usina-em-operacao.html>>. Acesso em: 29 ago. 2023.

UNFCCC. **COP 28: What Was Achieved and What Happens Next?**. 2023. Disponível em: <<https://unfccc.int/cop28/5-key-takeaways#end-of-fossil-fuels>>. Acesso em: 29 dez. 2023.

UNICA. banco de dados. Disponível em: <<https://observatoriodacana.com.br/listagem.php?idMn=146>>. Acesso em: 04 de mai. 2022.

UNICA. **Bioeletricidade em números**. 2023b. Disponível em: <<https://unicadata.com.br/arquivos/pdfs/2023/03/53c6f39ee1652917a1ee0e8768602ec1.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2023.

UNICA. **Distribuidoras cumprem 97,6% da meta do RenovaBio**. 2021a. Disponível em: <<https://unica.com.br/noticias/distribuidoras-cumprem-976-da-meta-do-renovabio-para-2019-2020/>>. Acesso em: 05 mai. 2021.

UNICA. **Etanol reduz emissões no Brasil equivalente a soma de 5 países**. 2021b. Disponível em: <<https://unica.com.br/noticias/distribuidoras-cumprem-976-da-meta-do-renovabio-para-2019-2020/>>. Acesso em: 05 mai. 2022.

UNICA. **Geração de bioeletricidade à rede cresce 30% em 2023**. 2023a. Disponível em: <<https://unica.com.br/noticias/geracao-de-bioeletricidade-a-rede-cresce-30-em-2023/>>. Acesso em: 02 set. 2023.

UNICA. **Governo Federal restabelece calendário anual do RenovaBio**. 2023d. Disponível em: <<https://unica.com.br/noticias/governo-federal-restabelece-calendario-anual-do-renovabio/>>. Acesso em 22 ago. 2023

UNICA. **Painel de geração de bioeletricidade e das demais fontes da matriz elétrica**. 2023c. Disponível em: <<https://unicadata.com.br/listagem.php?idMn=145>>. Acesso em: 02 set. 2023.

USDA. **European Union: Biofuels Annual**. 2023a. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_The%20Hague_European%20Union_E42023-0033.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2023.

USDA. **Global Demand for Fuel Ethanol Through 2030**. 2023b. Disponível em: <<https://www.ers.usda.gov/webdocs/outlooks/105762/bio-05.pdf?v=5239.1>>. Acesso em: 28 ago. 2023.

VAN VEELLEN, Bregje. Cash cows? Assembling low-carbon agriculture through green finance. **Geoforum**, v. 118, p. 130-139, 2021.

VERHEYDEN, Tim; ECCLES, Robert G.; FEINER, Andreas. ESG for all? The impact of ESG screening on return, risk, and diversification. **Journal of Applied Corporate Finance**, v. 28, n. 2, p. 47-55, 2016.

WANG, Hu. Does the low-carbon transition promote the ESG disclosure of renewable energy enterprises?. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1-8, 2023.

WBA. **Glasgow Declaration on Sustainable Bioenergy**. 2023. Disponível em: <[https://www.worldbioenergy.org/uploads/230419%20GSBD_2023Report_Transparency-trustandbestpracticeofresponsiblebiomassuse%20\(1\).pdf](https://www.worldbioenergy.org/uploads/230419%20GSBD_2023Report_Transparency-trustandbestpracticeofresponsiblebiomassuse%20(1).pdf)>. Acesso em: 29 ago. 2023.

WBA. **Global bioenergy statistics 2022**. 2022. Disponível em: <<https://www.worldbioenergy.org/uploads/221223%20WBA%20GBS%202022.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2023.

WEBER, Max. **The theory of social and economic organization**. Simon and Schuster, 2009.

WEI, Yi-Ming et al. A proposed global layout of carbon capture and storage in line with a 2 C climate target. **Nature Climate Change**, v. 11, n. 2, p. 112-118, 2021.

WILLIAMS, Carol L.; DAHIYA, Anju; PORTER, Pam. Introduction to bioenergy and waste to energy. In: **Bioenergy**. Academic Press, 2020. p. 5-44.

WONG, Woei Chyuan et al. Does ESG certification add firm value?. **Finance Research Letters**, v. 39, p. 101593, 2021.

World Biogas Association (WBA). **Biogas: Pathways to 2030**. 2021. Disponível em: <<https://www.worldbiogasassociation.org/biogas-pathways-to-2030-report/>>. Acesso em: 21 out. 2021.

World Biogas Association (WBA). **Global Potential of Biogas**. 2019. Disponível em: <https://www.worldbiogasassociation.org/wp-content/uploads/2019/09/WBA-globalreport-56ppa4_digital-Sept-2019.pdf>. Acesso em: 20 out. 2021.

WU, Wenchao et al. Global advanced bioenergy potential under environmental protection policies and societal transformation measures. **GCB Bioenergy**, v. 11, n. 9, p. 1041-1055, 2019.

XU, Haitao et al. Comparing the impacts of carbon tax and carbon emission trading, which regulation is more effective?. **Journal of Environmental Management**, v. 330, p. 117156, 2023.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e métodos**. Bookman editora, 2015.

ZHANG, Yadu; ZHANG, Yiteng; SUN, Zuoren. The Impact of Carbon Emission Trading Policy on Enterprise ESG Performance: Evidence from China. **Sustainability**, v. 15, n. 10, p. 8279, 2023.

ZWICK, S. Article 6 and its Glasgow rulebook: The basics. **Ecosystem Marketplace, A Forest Trends Initiative [Internet Resource]**. Disponível em: <<https://www.ecosystemmarketplace.com/articles/article-6-and-its-glasgow-rulebook-the-basics/>>. Acesso em: 09 mar. 2022.

APÊNDICE A – Entrevista 1

O que o Sr. destaca como principais pontos da história do RenovaBio?

O que eu destacaria no RenovaBio, primeiro, foi a aprovação por quase unanimidade no Congresso Nacional. É um projeto que foi amplamente discutido e foi aprovado. Depois, o tempo de maturação desse projeto. Entre a aprovação no Congresso Nacional e a entrada em vigor foram mais de 3 anos. Então eu acho que esse foi um ponto alto. A discussão com a sociedade, com os agentes, o aprimoramento, os detalhes, o envolvimento com todos os aspectos do RenovaBio e, também as referências internacionais, nas quais o projeto o programa RenovaBio foi baseado tanto dos Estados Unidos como da Europa, dos Estados Unidos, de uma maneira muito particular da Califórnia, trouxe para o RenovaBio uma base muito sólida de discussão.

Quais principais aprimoramentos/melhorias o RenovaBio necessita hoje?

Esse programa ele precisaria ser encarado como um valor, um instrumento mobiliário para que tenha uma taxaço de impostos condizente com o mercado de carbono. O ideal é que, como é um mercado emergente, que não existe ainda hoje, que ele fosse taxado de uma maneira gradativa, começasse com zero de taxaço de tributos e fosse gradativamente aumentando conforme ele vai crescendo e tendo maturidade, mas a gente sabe que isso é muito difícil. O que eu acho é que deveria ser taxado unicamente, como são os outros ativos transacionados na B3, esse é um ponto que eu acho que é fundamental a ser aprimorado. Outro ponto é a estabilidade. Não pode ter esse projeto de reestruturaço do RenovaBio, que foi enviado pelo Ministério de Minas energia, que desfigura completamente o programa, tanto que está tendo o repúdio de várias entidades envolvidas. É uma visão de curto prazo, uma visão míope do Ministério de Minas e Energia com relação aos benefícios do projeto.

Para cada uma destas melhorias, como poderiam ser realizadas (descrever a forma de encaminhamento para que possa ter êxito)?

A legislação de transformar num valor mobiliário, o instrumento para se fazer isso, eu acho que deve ser uma lei para que se tenha uma perenidade maior, e não um decreto. Então eu acho que deveria ser elaborada uma lei no sentido de tornar o CBIO um ativo mobiliário.

APÊNDICE B – Entrevista 2

O que o Sr. destaca como principais pontos da história do RenovaBio?

De fato, criar um mercado de carbono, um mercado sem a necessidade de subsídios, valorizando o etanol pelas suas externalidades positivas do ponto de vista ambiental como o de saúde. Trata-se depois do Proálcool, um projeto de estado, com metas de longo prazo. O grande beneficiado no futuro deve ser o consumidor, pois esse modelo leva ao aumento de produtividade e redução de custos, ficando o setor menos dependente da cana, do governo e do diferencial tributário que existe hoje e da redução pelas mudanças tributárias de curto prazo. Entendo que com a evolução da produção, substituição do diesel pelo biogás, pelo biometano, com o crescimento do etanol de segunda geração, o setor vai dobrar a quantidade de CBIOs pelo mesmo volume de etanol. Depois da implantação do PCTS esse seja uma nova revolução setorial em busca do aumento da eficiência e da produtividade.

Quais principais aprimoramentos/melhorias o RenovaBio necessita hoje?

O mercado não pode ficar apenas com o produtor de biocombustível ofertando CBIOs e ficar 100% dependente da parte obrigado. Temos que buscar ampliar esse mercado com outros participantes, tornando um mercado mais amplo que o atual. Além disso, sem incremento substancial da oferta de etanol, não haverá RenovaBio, não haverá um mercado de etanol sustentável. O setor produtivo precisa trazer confiança ao consumidor, à indústria automobilística, à sociedade como um todo. Não há como acreditar no combustível do futuro (etanol) sem aumento da oferta de uma forma mais competitiva

Para cada uma destas melhorias, como poderiam ser realizadas (descrever a forma de encaminhamento para que possa ter êxito)?

Ações de longo prazo, criando políticas públicas para esse fim, dando mais transparência a esse mercado, criando um mercado futuro de CBIOs; repartindo a renda dos CBIOs com os produtores de matéria prima, para que também tenham o interesse em investir em produtividade e redução de custos.

APÊNDICE C – Entrevista 3

O que o Sr. destaca como principais pontos da história do RenovaBio?

Eu acho que os primeiros pontos importantes foram a concepção e a junção da análise de ciclo de vida da pesquisa que a Embrapa tinha desenvolvido sob análise do ciclo de vida. Outro ponto foi articulação com os agentes de mercado que queriam um imposto, um aumento na CIDE, não o RenovaBio que era difícil de entender. Segundo, foi a resistência do próprio governo em avançar com o RenovaBio, tanto que ele virou um projeto de lei. Posteriormente, o projeto de lei. Esses são os pontos até a construção. E, também os decretos de regulamentação do RenovaBio e o modelo de implementação na parte financeira de toda a regulamentação que tinha sido feita.

Quais principais aprimoramentos/melhorias o RenovaBio necessita hoje?

O RenovaBio tem conjunto de melhorias precisam ser feitas. Uma delas é a ampliação do ciclo de vida para fechar do berço ao túmulo, ou seja, ampliar a parte a montante para o uso da terra e a jusante para uso dos carros em uma classificação do tipo dos motores ou do tipo de uso da bioenergia. Isso é na parte de certificação, estrutura e modelo. A segunda coisa que precisa ser tratada urgente, é uma qualificação da tributação, isso tem problemas hoje em como está a estrutura da tributação dos CBIOs, o que pode gerar problemas de dívida tributária no futuro. E, eu acho que uma campanha do próprio governo no sentido de colocar nos seus acordos internacionais o CBIO como uma possibilidade de redução de emissões de carbono e aí construir essa venda, porque isso vai reduzir o custo de energia para o Brasil e transferir renda externa para o produtor rural.

Para cada uma destas melhorias, como poderiam ser realizadas (descrever a forma de encaminhamento para que possa ter êxito)?

Precisa desenvolver pesquisa e as ferramentas para estruturar o ciclo de vida. É preciso mudar algumas partes da regulamentação de como você faz a certificação, a partir da pesquisa que é desenvolvida para como ampliar isso para instalação. A segunda parte é tributária. É preciso passar uma lei complementar mudando a tributação de todos os créditos de carbono, incluindo o RenovaBio e, de preferência, criar uma imunidade tributária para produtos ligados a baixa emissão. Eu acho que isso ajudaria muito também que o agronegócio brasileiro fosse mais sustentável. E, na parte do plano de acordo, criar uma

agenda diplomática de inclusão do RenovaBio para essa negociação do CBIO em nível internacional.

APÊNDICE D – Entrevista 4

O que o Sr. destaca como principais pontos da história do RenovaBio?

Acho que o principal ponto é começar a ter um reconhecimento do efeito positivo de descarbonização em relação ao combustível fóssil. Era uma demanda do setor há muito tempo sobretaxar o combustível fóssil pelo prejuízo à saúde ou trazer algum incentivo e reconhecimento ao etanol que faz todo um ciclo positivo de descarbonização através principalmente da cana, da fotossíntese e das operações hoje que tem sido medidas pela calculadora do programa, da RenovaCalc. Isso tem feito com que os produtores invistam cada vez mais em ter notas e eficiências energéticas no sentido RenovaBio cada vez maiores para ter uma melhor remuneração. Então eu acho que o grande ponto a se destacar é que passa a ter uma justiça em termos de benefícios à saúde e à sociedade e o reconhecimento do etanol. E, além disso, isso trouxe também uma visão mais positiva da população em geral, principalmente dos grandes centros, que acabava tendo uma visão as vezes negativa, principalmente do setor de cana, que ainda tinha muito a aquela visão da queima, do trabalho exaustivo. De repente isso vira o grande combustível de orgulho nacional e o programa RenovaBio traz isso porque passa a ser um programa de governo com esse reconhecimento e pagamento, então ficou muito claro para todo mundo a positividade que o etanol tem nisso.

Quais principais aprimoramentos/melhorias o RenovaBio necessita hoje?

Bom, na minha visão, o principal ponto de melhoria está em chegar essa remuneração de uma maneira mais efetiva e estar mais atrelada aos produtores de cana. Então, a usina sobre a cana que ela produz e aos produtores de cana, não uma divisão parcial, mas uma remuneração mais próxima de 70 a 80% da distribuição que é feita hoje. É claro que tem todo um benefício do processamento da cana, mas o ganho da calculadora e das eficiências, e onde vai poder se avançar ainda mais está na operação agrícola. Então acho que esse seria um ponto de melhoria importante. E, talvez um segundo passo bastante interessante, seja começar também a se pensar na valorização dentro do RenovaBio e na calculadora do RenovaBio, começar a se considerar também o carbono de solo que tem ficado ali investido nisso e vai trazer novas práticas benéficas para o setor também, tanto como plantio e tratamentos culturais. Eu acho que é um ponto que já teve de melhoria só para ressaltar aqui é a entrada do Bonsucro visando trazer práticas mais sustentáveis e que vão se comunicar com essa calculadora do RenovaBio a partir deste ano.

Para cada uma destas melhorias, como poderiam ser realizadas (descrever a forma de encaminhamento para que possa ter êxito)?

Acabei falando já um pouquinho, mas vamos deixar mais claro. Então acho que a melhoria do programa eu já vi em discussão para chegar até os fornecedores, tem até uma discussão na Câmara dos deputados. Foi colocado um projeto de lei onde os fornecedores de cana passariam a ter era um pleito de 100% de recebimento do RenovaBio sobre a cana deles, as usinas hoje oferecem um pagamento de 50. Pela primeira visão do relator esse número poderia chegar a 80% para os produtores, seria já bastante benéfico. Isso está sendo feito via forma de lei, infelizmente via negociação via o órgão do Consecana isso não avançou, mas seria uma forma de fazer essa correção. Do segundo ponto que eu falei do carbono do solo, por exemplo, é começar a medir não simplesmente as práticas que fazem, quanto você usa de nitrogenado e diesel, que é o que a calculadora praticamente considera como impacto, mas começar a olhar o fator produtividade. Quanto mais cana você produz, isso traz uma nota para o RenovaBio, mas você não considera toda a transformação que você está fazendo de raiz no solo que poderia ser medido e começar a ser remunerado dentro do programa também. Um terceiro ponto é sobre a energia da biomassa. Também se discute hoje em dia, vou chamar assim, um programa linkado ao RenovaBio ou algo independente, que pode ser também bastante positivo. Para o setor, é uma maneira de trazer dinheiro novo por meio de um negócio que já está há tanto tempo aí fazendo sucesso.

APÊNDICE E – Entrevista 5

O que o Sr. destaca como principais pontos da história do RenovaBio?

Primeiro, quando a gente discutia o programa, a gente sempre colocou para o governo, à época, que o etanol, apesar de ser um biocombustível e por ser renovável, a gente sempre tinha dificuldade em concorrer com os combustíveis fósseis e ser reconhecido, pelo seu componente ambiental, pela redução de emissões que ele traz para a sociedade. A gente, ao longo dos anos, sempre trabalhou numa forma de ter um diferencial tributário, mas esse assunto é cada vez mais difícil de ser implementado e não é homogêneo em todo o Brasil, em função da questão tributária. Então, por que a gente não cria um mercado de carbono que vai identificar de fato qual é essa redução? E criar um programa onde as empresas poderão vender esses créditos, ter uma receita e, obviamente, a receita oriunda desse crédito seria o plus a mais que o etanol teria frente ao combustível fóssil, frente à gasolina.

Bom, esse assunto veio para o setor antecipando a Agenda ESG. Quando a gente iniciou o processo e começou a conversar sobre o RenovaBio, ainda pouco ou quase nada se falava em ESG, que hoje é algo já consolidado e é uma questão praticamente obrigatória para as empresas. O mercado financeiro exige que haja a boa governança, a questão social e principalmente o ambiental. A gente já está preparado com as empresas, certificado e auditado com relação ao fato de quanto que o nosso produto emite, e obviamente existe a comparação vis-à-vis combustível fóssil de quanto que a gente consegue reduzir. A gente antecipou essa agenda.

Outro ponto muito importante dentro da história, é que por ser uma receita adicional para o setor e por ter incluído a análise de ciclo de vida no processo, a gente tem muitos pontos de melhoria para o nosso segmento. A partir do momento que você sabe onde você talvez seja um pouco mais sensível, onde o número da usina seja um pouco pior do que a média, do que o mais eficiente, você tem formas de ver onde consegue melhorar o seu número. Então, ou seja, cria uma corrida, uma competição entre as empresas, no sentido de ter a melhor nota, de ter a menor emissão e, obviamente, de ter o resultado financeiro a partir da venda de mais CBIOs por mesmo volume produzido e comercializado no mercado. Esse ponto é extremamente relevante, ter dessa competição sadia e, também a integração com toda a cadeia.

A gente sabe que há uma discussão hoje com relação aos fornecedores de cana e as empresas. Muitas empresas já têm o seu acordo com os fornecedores, mas os fornecedores de cana estão tentando colocar alguma coisa fixa ou alguma coisa taxativa obrigatória em lei, o setor agroindustrial não concorda. O histórico da relação produtor de cana e agroindústria foi no que a gente chama de autorregulação, no sentido de se sentar à mesa e discutir de uma forma sadia a melhor forma de fazer o rateio desses recursos, não colocar isso em lei. A gente vê com muito bons olhos essa integração por parte do fornecedor de cana, até porque, hoje, boa parte dessa cana está com o fornecedor e ele entra com nota penalizante dentro do RenovaBio porque ainda não tem os dados primários desses fornecedores e a gente sabe o potencial de melhoria que nós temos frente à nota atual.

A gente já viu várias usinas conseguindo certificar novamente, ou seja, fazendo uma certificação nova no sentido de melhorar as suas notas. A gente sempre citou nas nossas falas com etanol que poderia reduzir até 90% as emissões de gases efeito estufa comparado com a gasolina, mas o RenovaBio, hoje ele está demonstrando algo em torno aí de 70%, até um pouquinho menos, porque ainda temos ainda um grande trabalho a ser feito na incorporação de dados primários, principalmente dos produtores rurais.

E por fim, eu vou citar uma coisa extremamente interessante para RenovaBio. A lei, a exigência já traz a necessidade primeiro de você ter o cadastro ambiental rural. Isso, pode ser até uma coisa básica, pensando nos dias atuais, mas vamos lembrar que a lei foi aprovada lá em 2017. Pensando lá em 2017, alguns produtores não tinham CAR ou ainda estavam protelando, então acho uma iniciativa importante. A segunda, que é mais importante que essa, é a questão de não permitir a entrada de áreas de cana-de-açúcar que tiveram desmatamento, a partir, se eu não me engano, de 2018, desmatamento zero. Até o desmatamento legal é proibido. Essas áreas são proibidas de serem certificadas e entrar na conta. Ninguém vai proibir no Brasil, por exemplo, que um setor, uma fazenda que produz cana-de-açúcar para entrega à usina. Se ela passar por algum tipo de desmatamento legal, ela poderá continuar fornecendo, mas essa área não vai ser possível de certificação.

Quais principais aprimoramentos/melhorias o RenovaBio necessita hoje?

A primeira questão que se coloca, é como a gente vai trabalhar a fungibilidade do RenovaBio com outros mercados de carbono ou daquilo que está se constituindo como um mercado de carbono a nível mundial. E aí a gente com certeza tem um debate grande a ser feito, onde o Brasil tem que se posicionar na questão relacionada à inclusão da biomassa

nesse processo para que a gente tenha metodologias que possam ser realizadas e aceitas no sentido de incorporar programas como o RenovaBio no conceito ou dentro do rol daquilo que é permitido como geração de crédito de carbono. Esse debate não é só um debate mundial, ele também vai se dar no próprio Brasil.

A gente tem hoje projetos de leis, um decreto que já está em vigor e um projeto de lei que trata de mercado de carbono no Brasil. Então, precisa realmente trabalhar o RenovaBio e os conceitos para que tenha um RenovaBio podendo se fundir com outros mercados de carbono e, aquele CBIO, aquele certificado que é gerado nesse entorno desse ecossistema do RenovaBio, a gente possa também transacionar, vendê-lo para outros segmentos. Isso é importante hoje porque primeiro nós temos duas partes dentro do programa RenovaBio, mas nada impede que outras partes possam entrar. Você tem um produtor de biocombustível, que é o gerador do CBIO, e você tem um distribuidor de combustíveis no Brasil que seria a parte obrigada, aquele que precisa comprar o CBIO. Em tese, especuladores ou outros agentes de outros setores podem entrar nesse mercado e ter algum tipo de interesse. O especulador, obviamente ele pensa na valorização do ativo. Outros segmentos podem, por exemplo, pensar em utilizar esse crédito para atingir alguma meta, para neutralizar emissões, mas é claro que isso precisa ser aceito pela comunidade que trabalha essas questões relacionadas ao mercado de carbono. Essa metodologia então, ela tem que ser fungível, é isso que a gente precisa trabalhar.

Outro ponto importante, que foi muito criticado no ano passado, foi a questão da não inclusão hoje do mercado de CBIOs ou desse ecossistema dentro da CVM, da comissão de valores mobiliários. Teve um decreto, 11.141 de junho do ano passado muito controverso, que eu fui contra e que modificou as datas de cumprimento da meta. A de 2022 ficou para setembro de 23 e a partir de 23 vamos ter que as metas do ano corrente poderão ser cumpridas até o mês de março do ano seguinte. A justificativa para a elaboração desse decreto foi justamente que o preço do CBIO estava muito alto e que haveria, naquele momento, algum tipo de especulação, algum tipo de agente que estava levando esse preço lá para cima. Já se passaram alguns meses, não ficou provado nada. Então, de fato, se tivesse a CVM como guardião desse mercado, talvez fosse muito mais interessante. No início do programa se tentou isso, mas na época, a CVM não teve interesse. Hoje um dos objetivos que muitos estão trabalhando, é que esse mercado vá para a CVM, até para dar mais credibilidade e a possibilidade de se fiscalizar algum tipo de situação que seja ilegal frente às regras do mercado financeiro.

Um outro ponto também que está sendo trabalhado é a forma de gerar cada vez mais CBIOs. A gente está vendo, por exemplo, os CBIOs oriundos dos grãos, seja etanol a partir do milho, seja biodiesel a partir da soja, e tem muita dificuldade de garantir a origem do grão. É um mercado onde existem muitos estoques, se misturam grãos de várias origens, de várias fazendas de vários produtores, então você não sabe exatamente a origem. Aí você não pode, por exemplo, certificar se aquele grão veio de uma área que não teve desmatamento, você não consegue certificar de onde aquele grão veio para fazer a análise desse ciclo de vida e de quanto está sendo emitido. Normalmente o que a gente tem visto é que produtores de biocombustíveis a partir de grão tem, primeiro, notas, fator de conversão, ou seja, quantos litros do produto a gente precisa produzir e vender para ter um CBIO, muito altas. Isso equivale a uma geração de CBIO muito pequena. Então, eles estão trabalhando, formas de se fazer com que você garanta a origem daquele grão e dessa forma você consegue certificar, melhorar isso que eu estou chamando aqui de fator o CBIO, que, como eu já disse, é a quantidade de litros que você produz e comercializa para gerar um CBIO.

Você também tem uma coisa que se discute muito é são os biocombustíveis relacionados às outras cadeias, produzidos, por exemplo, nas refinarias de petróleo, com utilização de óleo vegetal, com misturas de óleo vegetal, ou seja, você tem outras possibilidades que podem ser incorporadas. Também tem a questão dos CCS, que são formas de você também neutralizar a pegada de carbono, que é a incorporação de carbono ao solo. Já têm projetos aí de alguns produtores, especialmente, um produtor de milho do Mato Grosso que tem interesse nisso e você melhora muito a nota da usina.

Uma questão que o setor é taxativamente contra e sempre aparece na mesa, é que a gente é emissor de CBIO e você tem a parte obrigada que são as distribuidoras. Há um movimento, principalmente vindo do setor de distribuição de combustíveis que solicita que eles saiam dessa figura de parte obrigada, e essa parte obrigada passaria às refinarias de petróleo.

Conceitualmente não teria nenhum tipo de problema se isso ocorresse, afinal de contas é o produtor de petróleo, derivados de petróleo, que está refinando definitivamente ali e produzindo um combustível fóssil e, digamos, ajudando aí a poluir, né? E aí, obviamente que em tese ele deveria ser penalizado. Ocorre que o nós temos uma questão peculiar no Brasil, que é uma concentração absurda no mercado de refino, onde a Petrobras tem praticamente toda a cadeia, com exceção aí de duas refinarias, uma muito pequena no Amazonas e a refinaria da Bahia. Então você teria praticamente aí um único comprador de

CBIO, um único comprador relevante de CBIO no mercado, o que obviamente é uma situação extremamente ruim. As distribuidoras, de fato, têm uma importância muito grande. Elas são com as suas políticas também, até corresponsáveis pela indução de mais consumo de combustível fóssil, menos biocombustível ou vice-versa.

É um mercado extremamente competitivo, mas o que é interessante é que nesse mercado de distribuidoras nós temos um número maior de empresas no Brasil. Existem empresas nacionais, existem empresas regionais, há uma certa pressão por parte das distribuidoras, principalmente por parte dessas distribuidoras regionais. Uma distribuidora que está ali no Rio Grande do Sul, por exemplo, onde praticamente não há consumo de etanol hidratado e as metas relativamente dessas distribuidoras são extremamente altas porque o que define a meta das distribuidoras é o *share* de venda dele de combustíveis fósseis no ano anterior e, obviamente, uma distribuidora que tem forte atuação no Rio Grande do Sul, pouco ou nada vende é de etanol hidratado, assim como as do Norte. Então assim, há uma pressão por parte dessas distribuidoras para que isso mudasse. Essa figura da parte obrigada, a gente sabe que se isso for para a refinaria, o programa vai ter muita dificuldade em parar em pé pela forte concentração.

Esses pontos aí hoje estão sobre a mesa e podem aperfeiçoar o programa. Então, repetindo, fungibilidade, CVM e formas de aumentar a geração de CBIO, trabalhando as cadeias, a inclusão das cadeias, essa maior integração.

Para cada uma destas melhorias, como poderiam ser realizadas (descrever a forma de encaminhamento para que possa ter êxito)?

Respondida na questão 2.

APÊNDICE F – Entrevista 6

O que o Sr. destaca como principais pontos da história do RenovaBio?

Os principais pontos da construção do RenovaBio, da história do RenovaBio, que eu acho que valem a pena ser citados, primeiro, é uma construção dialogada com todos os atores envolvidos, ou seja, houve ampla participação, do setor produtivo, tanto da parte agrícola, de biomassa, quanto industrial, da parte de distribuição e até mesmo a indústria automobilística, participaram, em diferentes momentos, diferentes *workshops* e, também a participação do poder público, tanto dos Ministérios envolvidos, quando das agências reguladoras, no caso que a ANP, da academia, representada pela Embrapa, por universidades, por diferentes institutos nacionais, que contribuíram com conhecimento, com discussão para trazer uma base científica sólida com grupos de especialistas, especialmente dessas instituições públicas trabalhando, para que tivesse uma ferramenta robusta e ao mesmo tempo fácil de se utilizar, mas com os conceitos científicos fortalecidos. Houve também nesse processo um forte *benchmarking*, com programas similares no mundo para aprender com eles tantos os erros, quantos acertos e ajustar isso para a realidade brasileira. E, uma coisa extremamente importante em toda a história da condução da construção do RenovaBio, é o foco na previsibilidade de longo prazo no RenovaBio como uma ferramenta para a transição energética dentro dos biocombustíveis, permitindo metas de longo prazo factíveis, robustas cientificamente e que pudessem então incentivar ao longo do tempo esses investimentos.

Quais principais aprimoramentos/melhorias o RenovaBio necessita hoje?

Quanto às melhorias e os aprimoramentos que o RenovaBio necessita, eu vou dividir em dois grupos aqui, um que diz respeito à parte técnica e outro que diz respeito à parte do crédito de carbono em si, ou seja, do CBIO. Em relação ao CBIO, ainda é necessário ajustar a questão da tributação desse ativo ambiental e, também ajustar a questão da ampliação desse mercado, a fungibilidade para esse título, com a ampliação da possibilidade de uso desse crédito de descarbonização para além da parte obrigada.

Em relação às melhorias técnicas, é fundamental o incentivo ao aumento do uso de dados primários do sistema de produção, especialmente da produção das biomassas e a questão da rastreabilidade para o aumento da elegibilidade de biocombustíveis, especialmente os derivados de grãos, aqui especialmente soja e milho, que são os dois que estão a mais fortes

na produção de biocombustíveis. Então é fundamental essa questão da rastreabilidade desses produtos, da origem desses produtos, do cumprimento dos critérios de elegibilidade para aumentar essa participação desses biocombustíveis derivados de soja e milho, de grãos em geral, é necessário ampliar, melhorar essa questão da rastreabilidade e da informação dos dados primários desses processos de produção. Em paralelo a isso, também sempre tem outras melhorias necessárias, como por exemplo, novas rotas que vem surgindo, novos biocombustíveis derivados de novas biomassas, de novos processos de transformação, que precisam estar sempre sendo atualizados, ajustados em uma atualização contínua na ferramenta de cálculo, especialmente da RenovaCalc, com a base científica, com a melhoria dos fatores, com avanço do conhecimento em si. Então esses seriam aí os principais pontos de melhoria que gente teria nesse atual estágio que o programa se encontra.

Para cada uma destas melhorias, como poderiam ser realizadas (descrever a forma de encaminhamento para que possa ter êxito)?

Vamos falar um pouco da questão do CBIO em si, no que diz respeito a ter uma tributação e ampliação de mercado em si. É fundamental que a gente tenha a construção, a formalização desse mercado de carbono no Brasil, que permita então, ajustes na tributação desse tipo de ativo, que a gente ainda tem muitas dúvidas em como se dar esse processo de comercialização, de tributação de um ativo como esse.

A ampliação dos CBIOs como um ativo verde, como uma possibilidade de descarbonização, uma possibilidade de ser um ativo que remunera uma externalidade positiva, no caso aqui da substituição do combustível fóssil e que isso se torne então, com certa estabilidade, uma forma viável de financiar investimentos nessa transição energética, de forma planejada e com previsibilidade. Então, é mais do que pensar no CBIO como uma nova fonte de receita pura, ela na verdade é uma fonte de receita que deve fomentar a melhoria do próprio processo de produção, o aumento, a disponibilidade, o aumento tecnológico nessa transição, de forma que a gente faça isso de forma planejada, com previsibilidade, com investimentos ao longo do tempo. Então é fundamental ter o CBIO como essa ferramenta de uma remuneração, de um pagamento por um serviço ambiental, uma externalidade positiva. Aqui, no caso, baseado pelas emissões evitadas pelo uso de combustível fóssil.

Em relação aos aprimoramentos técnicos que são necessários, é importante fomentar o uso de dados primários, que, são aqueles que representam de fato a produção das biomassas

que vão ser utilizadas para produzir os biocombustíveis, são os dados que melhor representam essa cadeia de produção, então são os dados que nos permitem enxergar e promover as melhorias tecnológicas na cadeia de produção, onde estão os gargalos, onde pode ser melhorado. Se eu não tenho acesso a esses dados e o produtor não enxerga o que ele está fazendo, o que ele está gastando, emitindo para produzir e o que ele está sequestrando, o que ele está deixando de emitir com boas práticas, ele não consegue melhorar, então é conhecer isso é fundamental e o programa tem esse viés de incentivar o uso de dados primários. Existe uma possibilidade de usos de *default*, que é só uma porta de entrada para esses produtores até que eles consigam se organizar para ter esses dados.

Isso é muito importante, porque vai promover as melhorias tecnológicas na cadeia e, além disso, traz um outro papel fundamental que é minimizar riscos de eventuais de *greenwashing*, ou seja, quando eu tenho acesso aos dados reais, esses dados são certificados num processo que passa pelas empresas que avaliam isso, as certificadoras, e eu tenho então essas comprovações de como isso foi feito, isso me dá uma segurança muito grande, dá uma segurança muito grande para o produtor, dá uma segurança para o setor financeiro que vai comercializar isso lá na ponta e obviamente, dá uma segurança muito grande para a gestão do programa que é feita aí pelo governo, pelas agências reguladoras. Então isso é fundamental, ter essa consciência, ter essa necessidade de a gente manter essa credibilidade do programa e fomentar então essa transição, essa melhoria tecnológica com os dados primários.

Para o caso específico do biocombustível derivado de grãos, é fundamental aumentar a elegibilidade dessa parcela desses biocombustíveis. A elegibilidade, ela depende basicamente da rastreabilidade da origem da produção. Então passa pela localização de onde esse grão está sendo produzido, em qual propriedade, em qual CAR ele está conectado, de onde ele está vindo, esse grão e o cumprimento do critério de não desmatamento para produção de biomassa, para uso na produção de biocombustíveis, lembrando que esse é um programa que remuneração pela emissão evitada. Uma das principais fontes de emissão, é no caso, na fase agrícola, ou seja, na produção de biomassa, uma mudança de uso da terra e dentro da categoria de mudança de uso da terra, a questão da supressão de vegetação nativa. Então, não é possível a gente remunerar uma externalidade, pagar um adicional de redução de emissões se eu não consigo comprovar que esse padrão não promoveu a supressão de vegetação nativa. Nesse sentido é fundamental essa questão da rastreabilidade. Isso garante a credibilidade do CBIO, isso

garante então a valorização desse título, desse crédito de descarbonização como um título de primeira linha, um título que realmente têm mecanismos robustos, de garantia de gestão de risco de mudança de uso da terra, especialmente no caso de supressão de vegetação nativa.

E por fim, então é só ressaltar que o programa ele foi construído e as suas ferramentas, como por exemplo, a RenovaCalc, baseado na questão da melhoria contínua desse processo, melhoria contínua com base em que? No melhor conhecimento científico disponível. Então existe um grupo técnico, a equipe técnica está sempre alinhada em estar buscando os melhores conhecimentos disponíveis, atualizando novas rotas, novos modelos de produção, novos fatores de emissão, novos conhecimentos sobre a cadeia dinâmica dessas emissões. Isso está sendo continuamente revisado a continuamente feito por uma equipe técnica de instituições, especialmente científicas, públicas, que não gerem nenhum conflito de interesse com nenhum dos setores diretamente envolvidos, mas que represente da melhor maneira possível, com melhor conhecimento disponível, essas rotas. Então, para que haja essa melhoria contínua, é importante que haja investimento contínuo no desenvolvimento de conhecimento, de investimento contínuo na geração desses conhecimentos e na manutenção dessa equipe técnica que faz esse processo.

APÊNDICE G – Entrevista 7

O que o Sr. destaca como principais pontos da história do RenovaBio?

O RenovaBio foi concebido a partir de uma necessidade ratificada pelo Brasil no Acordo de Paris, que prevê a redução de 37% nas emissões de gases causadores do efeito estufa até 2030. Em funcionamento há cinco anos, é possível destacar a sua genialidade em criar um círculo virtuoso dentro da matriz energética de transportes e a sua consolidação como um dos maiores programas de descarbonização do mundo.

Atualmente, são mais de 300 produtoras de biocombustíveis certificadas no país através do programa, que possui adesão voluntária. O credenciamento, é outro destaque, pois se trata de um processo inteiramente rigoroso que avalia a pegada de carbono no processo produtivo do biocombustível e apresenta uma série de exigências ambientais. Uma delas é a tolerância zero para uso de áreas de desmatamento.

Quais principais aprimoramentos/melhorias o RenovaBio necessita hoje?

Criação de mecanismos para avaliação do impacto do programa na competitividade dos biocombustíveis frente aos fósseis. Incentivo/reconhecimento para as unidades produtoras que aumentarem sua nota de eficiência energético-ambiental no processo de renovação da certificação.

Para cada uma destas melhorias, como poderiam ser realizadas (descrever a forma de encaminhamento para que possa ter êxito)?

É necessária a criação de mecanismos para avaliação do impacto do programa na competitividade dos biocombustíveis frente aos fósseis, desenvolver metodologia de acompanhamento de preços finais dos combustíveis e evolução da comercialização do CBIOs para entender impacto do programa na competitividade dos biocombustíveis. Além disso, o incentivo econômico para as unidades produtoras que aumentarem sua nota de eficiência energética-ambiental no processo de renovação da certificação como algum tipo de compensação ou melhores condições em financiamentos de projetos para melhorias no processo produtivo da usina.

APÊNDICE H – Entrevista 8

O que o Sr. destaca como principais pontos da história do RenovaBio?

Eu acho que o principal é a estrutura que distingue essa política pública, o fato de que ela foi concebida, aprovada no âmbito do conselho nacional de política energética, discutida, por vários ministérios envolvidos e, inclusive, discutida junto à presidência da República em um período muito curto. Tudo isso, da concepção até a promulgação da lei ocorreu num período de apenas 11 meses. Durante esses 11 meses houve muita consulta junto a diferentes setores relacionados com esse tema na sociedade civil, praticamente todos os setores relacionados como: federações estaduais de indústria, federação nacional da indústria, da agricultura, associações comerciais de várias localidades, secretarias de estado da agricultura de vários estados, entidades de classe como ANFAVEA, Sindipeças, ABIMAQ, enfim, houveram discussões e apresentações junto a todas as entidades que acabaram culminando em 54 correspondências destas diferentes entidades, encaminhadas à presidência da República e ao Ministério de Minas e Energia, declarando o seu apoio a essa política pública, o que ajudou bastante o processo de aprovação.

Esta aprovação também culminou em uma aprovação muito rápida no Congresso Nacional. O projeto de lei foi laborado no âmbito do CNPE e discutido na casa civil na forma de uma minuta de medida provisória, que acabou não saindo, aí houve a decisão de se apresentar um projeto de lei por sugestão do presidente da Câmara dos deputados na época, o Rodrigo Maia. O Rodrigo Maia, junto com outras lideranças do poder executivo, inclusive houve o próprio envolvimento do presidente Temer, o que culminou na aprovação na Câmara por 299 votos a favor e apenas 9 votos contra. Então houve uma massiva maioria parlamentar na Câmara e aprovação por aclamação, o que quer dizer, 100% dos senadores, e a sua promulgação na forma da lei 13.576 foi assinada pelo presidente Temer no dia 26/12/2017. Tudo isso, portanto, feito em apenas 11 meses, da época da concepção até a assinatura da lei.

O primeiro decreto regulamentador do RenovaBio foi assinado em Ribeirão Preto na conferência de abertura de safra de cana, açúcar e álcool da DATAGRO no dia 15/03/2018. E aí desse decreto, seguiram-se outros decretos e resoluções da ANP que detalharam a regulamentação dos artigos que foram aprovados na forma da lei. A implementação plena do RenovaBio após a definição de metas de descarbonização se deu a partir do dia 27 de abril de 2020, com a primeira negociação sendo realizada no dia 12/06/2020 quando a

DATAGRO adquiriu os primeiros 100 CBIOs como parte não obrigada junto à B3. Essa aquisição foi feita através da intermediação de uma *trading* operando como agente da DATAGRO e esses CBIOs foram vendidos pela Adecoagro. O valor dessa aquisição foi de 50 reais por CBIO e a DATAGRO comprou esses primeiros 100 CBIOs para compensar as emissões de carbono dos seus eventos, das suas conferências no ano de 2020.

Quais principais aprimoramentos/melhorias o RenovaBio necessita hoje?

Bom, em primeiro lugar, nos últimos meses do governo Bolsonaro, o então ministro de Minas e Energia, Sachsida acabou alterando alguns pontos importantes do RenovaBio. Dentre eles, ele definiu que as partes obrigadas poderão cumprir as metas de descarbonização do ano de 2022 até o dia 30/09/2023. Isso criou um problema de credibilidade a respeito do cumprimento das metas que acabou afetando bastante o programa. Houve também a definição de que o cumprimento das demais metas, dos demais anos poderia ocorrer até o dia 31 de março do ano subsequente. Isso também gera uma postergação do período de cumprimento das metas, que são anuais. Precisaria haver um retorno do princípio que foi definido na lei, que é da definição de metas anuais e o seu cumprimento dentro do ano calendário.

O segundo ponto importante que para o RenovaBio funcionar: não pode haver mudanças abruptas das metas simplesmente para atender objetivos de impacto de poucos centavos no preço ao consumidor. Então, nesse episódio aí de 2022, por uma consequência de impacto de 2 a 3 centavos por litro no preço da gasolina, quando o CBIO chegou aí a 200 reais por tonelada de CO₂ equivalente, houve essa decisão de mudança das regras, que acabou minando a credibilidade do programa.

É importante que haja insistência, coerência e assertividade naquilo que está sendo feito porque esse é um programa de longo prazo. Não é um programa que possa ser alterado no curto prazo, ao sabor também de contingências de curto prazo.

Outro ponto interessante é a importância de que sejam levadas em conta na RenovaCalc a incorporação de carbono no solo, que ocorre na prática com atividades agrícolas e práticas agrícolas modernas que, atualmente, não estão sendo consideradas para efeito da avaliação do ciclo de vida e impacto na produção de biocombustíveis na redução de emissões de carbono na avaliação do ciclo de vida. Essa é uma importante alteração que precisaria ser incorporada e há condições para que isso aconteça. Essas medidas precisam ser analisadas

no âmbito do CNPE para que possam ser implementadas na forma de resolução, elas já foram encaminhadas e a gente tem a expectativa de que sejam levadas em consideração.

Para cada uma destas, como poderiam ser realizadas (descrever a forma)?

Essas medidas precisam ser analisadas no âmbito do CNPE para que possam ser implementadas na forma de resolução, de certa forma, elas já foram encaminhadas, essas sugestões e avaliações e a gente tem a expectativa de que elas sejam levadas em consideração.

APÊNDICE I – Entrevista 9

O que o Sr. destaca como principais pontos da história do RenovaBio?

Acho que o primeiro ponto fundamental que é importante de se destacar foi a velocidade que ele foi aprovado. Ninguém imaginava a velocidade com que ele seria sido aprovado. A aprovação significou que de alguma forma foi bem preparado e que de alguma forma havia no Congresso Nacional a sensibilidade para a questão. Houve, de fato, um bom relator, o interesse do presidente da Câmara para tocar isso para a frente. Realmente foi aprovado numa época *record* e teve a sorte de ser apresentado no período do presidente Temer, que também tinha uma equipe que se interessava pelo assunto, teve o apoio do executivo. E, dos produtores, houve, de fato, o empenho principalmente do pessoal da cana, do etanol, mas também do pessoal do biodiesel. Isso ajudou muito a encaminhar as coisas. Teve a sensibilidade da Embrapa, que também apoiou muito e isso acabou virando realmente um êxito espetacular.

Quais principais aprimoramentos/melhorias o RenovaBio necessita hoje?

Há uma porção de coisas que eu julgo fundamental, que tem que ser ou que vão acontecendo na medida em que vai amadurecendo o programa. O programa é inédito, na verdade, ele é uma composição de aspectos ligados ao que fazer que vieram da Califórnia, há coisas, inclusive da Europa e, o conceito, as métricas todas que foram desenhadas no RenovaCalc, foram basicamente desenvolvidas por técnicos brasileiros, com um peso relevante da Embrapa, mas juntamente com técnicos do setor produtivo, e da própria Unicamp, que participou disso. Então, os aprimoramentos ou as melhorias estão diretamente relacionados à evolução tecnológica. Nós estamos numa rápida revolução de conceitos operacionais de redução de emissões. O programa, leva 5 anos para fazer uma nova reanálise, talvez isso possa ser olhado. Mas é claro que isso tem um custo, porque todo mundo tem que passar por uma empresa que faz o credenciamento da unidade produtiva. Acho que o segundo ponto relevante é a questão da finitude. Pela ação do ministro Sachsida no final do governo Bolsonaro, por efeito eleitoral tentou mexer no RenovaBio e corremos alto risco. Portanto, nós vamos trabalhar para nos defender dessa questão de caneta de governo. Muda o governo e se ele vem mais intervencionista qualquer coisa você pode esperar. É um risco muito grande. A gente tem que ao máximo tentar tirar a caneta do governo.

Para cada uma destas, como poderiam ser realizadas (descrever a forma)?

Em primeiro lugar, o engajamento constante total do setor privado. Isso está acontecendo. Em tese, há todos de olho nas ações. Em segundo lugar, há uma frente parlamentar do agronegócio forte do legislativo, que dá suporte a essa evidência. O primeiro e o segundo ponto que eu falei estão diretamente ligados à questão da descarbonização, ou seja, há uma posição brasileira de compromisso com a descarbonização e, portanto, com a questão de biocombustíveis, com o RenovaBio.

O outro ponto fundamental de melhoria tem a ver com a lógica do programa chamado o “combustível do futuro”, que também veio junto, veio na esteira do RenovaBio, que é ligado às plataformas das montadoras que chegariam na expansão rápida do carro híbrido e, posteriormente, do hidrogênio verde. Essa questão é fundamental sobre estímulo à expansão e ganhos de produtividade, porque eles é que seguramente assegurarão não só a questão da oferta e a escala dos CBIOs, como também a capacidade competitiva do CBIO. Para você ter uma ideia, o CBIO tinha chegado a 200 reais unidade e ele caiu para 100 pela interferência da caneta do governo. Nós achamos fundamental porque é isso que determina o estímulo às melhorias tecnológicas que reduzam as emissões de carbono. É importante salientar isso porque na esteira da descarbonização virão as modificações, por exemplo, no artigo sexto do acordo de Paris, que mexe com a possibilidade de que um CBIO produzido no Brasil possa ser comprado na Alemanha, nos Estados Unidos, aonde for, obviamente, inclusive com valores maiores para questão das emissões compradas sem obrigatoriedade. Entendo que é fundamental, que cada vez mais você reduza a obrigatoriedade de compra e deixe o mercado fazer isso. Isso vai ajudar muito na evolução do RenovaBio.

APÊNDICE J – Entrevista 10

O que o Sr. destaca como principais pontos da história do RenovaBio?

O principal ponto da história do RenovaBio acho que foi a agilidade com que ele foi aprovado, mostrando o entendimento do parlamento brasileiro sobre a urgência desse tema que tem impacto nas mudanças climáticas, a questão do combustível renovável em detrimento do combustível fóssil. Eu acho que é uma matéria que vem a prestigiar uma cadeia importante para o Brasil, que traz emprego, renda, sustentabilidade para o interior do nosso país, então eu acho que é um ponto histórico realmente em Brasil, o qual eu apoio muito.

Quais principais aprimoramentos/melhorias o RenovaBio necessita hoje?

Eu acho que alguns aprimoramentos que o RenovaBio necessitaria ter, seria um olhar mais atento para a cadeia como um todo do setor sucroenergético, não somente para o produtor do biocombustível, mas também para o produtor de cana-de-açúcar. Eu acho que é essencial incluir uma remuneração extra ao produtor de cana-de-açúcar, haja vista que é ele que faz um grande trabalho de captação de carbono no campo através da planta e hoje ele está fora desse sistema de pagamento. Eu acho que um olhar atento para isso seria essencial para continuidade do programa e para remuneração justa de todos os elos da cadeia.

Para cada uma destas, como poderiam ser realizadas (descrever a forma)?

Eu acho que já há propostas, já existe uma proposta legislativa para remuneração do produtor rural em relação ao RenovaBio, eu acho que isso deveria ser levado adiante, pelos produtores rurais e pelo parlamento brasileiro. Essas são as minhas considerações, sobre o RenovaBio e sobre o marco que ele é na história Brasileira, é um programa de descarbonização que é o único e que depois poderá ser replicado para outros setores da economia brasileira.

APÊNDICE K – Entrevista 11

O que o Sr. destaca como principais pontos da história do RenovaBio?

O principal ponto a se destacar é a criação de um modelo extremamente robusto, de uma qualidade técnica do ponto de vista de conceitos ambientais, uma modelagem muito boa, muito qualificada e feita de uma maneira transversal nas entidades envolvidas, no MME, na Embrapa, envolveu gente de muito boa qualidade. Então a construção do modelo foi um ponto positivo.

Depois, a gente pode destacar que houve uma integração muito grande, esforços em toda a cadeia e um trabalho bastante efetivo das entidades no parlamento para aprovação. Houve de fato uma mobilização e uma ação muito efetiva para fazer com que, de fato a legislação fosse aprovada.

O terceiro ponto que eu acho que foi um grande acerto, foi o modelo de fixação de metas que foi bem feito, bem negociado, bem trabalhado. Eu diria que o processo de implantação do RenovaBio ele foi muito feliz, foi um caso até exemplar, onde desde a concepção até o processo de negociação com a sociedade, com os representantes foi bem conduzido e foi muito bem implantado.

Do ponto de vista do mercado primário, para onde os CBIOS foram de fato pensados, o mercado obrigado, o mercado das distribuidoras, está funcionando muito bem e o ponto alto foi a demonstração de que ele foi capaz de sustentar preço. Hoje, a importância do CBIO para a preservação de parte da rentabilidade do etanol é indiscutível. Superou minhas expectativas largamente.

Quais principais aprimoramentos/melhorias o RenovaBio necessita hoje?

Com relação aos aprimoramentos e melhorias, o primeiro ponto que ficou muito claro é a governança. No governo passado, a gente viu a vulnerabilidade do programa às injunções políticas e a fixação da meta, a manutenção da meta passou por um processo bastante conturbado onde chegou a haver um tipo de prorrogação de meta, que era praticamente uma vontade de extinguir o programa. Havia um ministro de minas e energia, o Sachsida, que era claramente contrário ao projeto. Então essa questão da vulnerabilidade do programa, a questão das injunções políticas, esta questão da governança, fixação e manutenção das metas é algo a ser mais bem estudado, melhor cuidado. Talvez a gente precisasse de algo, fazendo

um paralelo com o banco central, que tivesse uma governança independente e não fosse o sujeito às injunções políticas de ocasião.

O segundo ponto de melhoria fundamental é a internacionalização do programa e a busca de harmonização das regras com as do mercado global de carbono, do mercado voluntário, porque ele é um programa que tem uma base muito forte, que é a questão da parte obrigada que tem que comprar. Ele teria muito a ganhar se fosse intercambiável no sentido de ser reconhecido como um ativo bom para o mercado voluntário. Para isso a gente precisa evitar algumas armadilhas que esses ativos mobiliários geralmente têm de duplicidade de emissão sobre a mesma base, ou seja, ter uma garantia de governança grande, importante.

Eu acho que as novas tecnologias, no caso especificamente falando do *blockchain*, podem contribuir bastante para criar um modelo de fortalecimento dessa característica do ativo, de ele ser reconhecido como legítimo no sentido de não haver emissão em duplicidade, de não termos dois ativos diferentes sobre a mesma base de descarbonização, isso seria uma evolução importante. E, é claro, isso deveria ser seguido por um esforço de internacionalização desse produto.

Para cada uma destas, como poderiam ser realizadas (descrever a forma)?

Eu diria que se a gente tivesse uma característica de governança bem definida e regras bem claras de gestão que permitissem que esse ativo ganhasse credibilidade internacional e que ele não fosse sujeito a manipulações políticas, esse seria o caminho. É lógico que um corpo técnico já existe, mas deveria ser incorporado diretamente nesse esforço, gente que participou da criação, que participou da gestão da plataforma que tem uma massa crítica técnica, grande, boa e capaz de fazer isso. Eu acho que a gente ainda tem problemas de governança e de excessiva ingerência política. Então, ele está vivendo muito mais hoje ainda da vontade de que ele exista, do que de uma boa base de governança.

APÊNDICE L – Entrevista 12

O que o Sr. destaca como principais pontos da história do RenovaBio?

O Brasil tem em operação seu primeiro mercado de créditos de carbono, no qual as distribuidoras de combustíveis devem comprar créditos de descarbonização (CBIOs), de acordo com a quantidade de combustíveis fósseis que comercializam. Segundo a ANP, até novembro de 2022, 8,93 milhões de créditos já haviam sido adquiridos e retirados do mercado pelas distribuidoras. No total, foram emitidos 436 milhões de CBIOs, o equivalente a 26 milhões de toneladas de CO₂ deixando de ser emitidas na atmosfera. Por fim, o RenovaBio tem potencial para evitar a emissão cumulativa de 620 milhões de toneladas de CO₂ equivalente na atmosfera pelo uso de biocombustíveis de 2020 a 2030.

Quais principais aprimoramentos/melhorias o RenovaBio necessita hoje?

Apesar do inegável avanço que o RenovaBio pode trazer à matriz energética de combustíveis no Brasil, ainda há ameaças que podem ocasionar distorções no mercado de CBIOs, resultando em inconsistências nos preços. Pode-se citar o Decreto nº 11.141, de 21 de julho de 2022, que prorrogou o prazo para cumprimento das metas de 2022, enfraquecendo o RenovaBio; além da prorrogação da desoneração dos tributos federais sobre os combustíveis (PIS/Cofins e Cide) pela Medida Provisória (MP) nº 1.157/2023, que reduziu o diferencial de competitividade para o etanol previsto em emenda constitucional.

Para cada uma destas, como poderiam ser realizadas (descrever a forma)?

Para reduzir a influência política dessa natureza, pode-se rever a legislação do RenovaBio de maneira a blindar o devido funcionamento do programa, garantindo a sua eficácia.

APÊNDICE M – Entrevista 13

O que o Sr. destaca como principais pontos da história do RenovaBio?

O primeiro ponto é o que eu destaco na história do RenovaBio, é que eu considero o RenovaBio, excelente, um sucesso. Ele está sendo uma boa política relacionada à sustentabilidade e aos biocombustíveis, portanto, uma política pública bem elaborada que é um sucesso. Acho que a grande questão é, todo ano, como que governo, como que a ANP estabelece as metas de compra dos CBIOs pelos distribuidores. Essa grande questão anual tem aí uma grande disputa política, vamos dizer assim, mas acho que é um programa de sucesso que deve, portanto, continuar, claro com alguns aprimoramentos que eu vou falar na sequência.

Quais principais aprimoramentos/melhorias o RenovaBio necessita hoje?

Em relação aos aprimoramentos, eu vejo duas questões principais. A primeira questão, é de certa forma relacionada aos critérios de rastreabilidade que são utilizados para o cálculo do critério de eficiência das empresas que emitem os CBIOs, principalmente, das usinas de açúcar e álcool. Dentro dessa questão, um dos pontos que ainda está “pegando” é a questão da rastreabilidade, principalmente para empresas de produção de biodiesel, onde isso fica mais difícil por conta da própria matéria-prima que é utilizada para produção do biodiesel biocombustível, principalmente a soja. Isso é mais fácil, é claro, quando a gente olha a questão das usinas de açúcar e álcool, mas, mesmo assim tem alguns problemas.

O segundo ponto que eu acho interessante, é que valeria a pena a gente fazer uma reflexão é sobre a utilização dos recursos financeiros que vão advir da emissão dos CBIOs. O ideal é que esse dinheiro fosse aplicado em políticas de sustentabilidade da empresa que está emitindo os CBIOs, garantindo, portanto, um ciclo virtuoso de emissões de CBIOs e que vai melhorar cada vez mais os resultados do programa.

Para cada uma destas, como poderiam ser realizadas (descrever a forma)?

Uma forma de é implementar essas duas questões que eu acho importantes, é com o maior envolvimento de todos aqueles que são afetados pelas políticas do RenovaBio. Então, obviamente, o Ministério de Minas e Energia, as universidades institutos de pesquisa e as empresas, claro, do setor, achando formas eficientes para que a gente ataque esses dois pontos que eu considero importantes.

APÊNDICE N – Entrevista 14

O que o Sr. destaca como principais pontos da história do RenovaBio?

Faltou basear o programa de incentivo (RenovaBio) num *roadmap* da produção/consumo de bioenergia para que pudessem ser estabelecidas metas no tempo (próximos 10 a 30 anos) de produção/consumo para avaliar o sucesso da Política Pública de incentivo à produção.

Quais principais aprimoramentos/melhorias o RenovaBio necessita hoje?

Não houve apoio do Governo, na época da criação do Programa, que garantisse que a implantação do RenovaBio e o prêmio correspondente, trouxesse resultados significativos na redução brasileira de emissão de carbono num prazo de tempo estabelecido.

Para cada uma destas, como poderiam ser realizadas (descrever a forma)?

Construir o roadmap completo do consumo e produção de bioenergia. É fundamental que a equipe que irá construir este *Roadmap* seja representativa dos diversos setores envolvidos: academia, indústria, setores das cadeias produtivas e consumidoras de bioenergia, outras.

APÊNDICE O – Entrevista 15

O que o Sr. destaca como principais pontos da história do RenovaBio?

O principal ponto que eu destacaria é que o programa/política adota uma lógica do mercado financeiro para criar incentivos ao aumento na produção de biocombustíveis no Brasil. O governo não compromete recursos do orçamento público para induzir ganhos de eficiência energética e redução de emissões de gases causadores do efeito estufa. Ou seja, trata-se de uma política que aparentemente possui baixo custo social diante de elevado potencial de benefícios sociais.

Quais principais aprimoramentos/melhorias o RenovaBio necessita hoje?

Tornar mais clara a metodologia adotada para o cálculo dos índices de eficiência energética das usinas que participam do programa e criar condições para aumentar a liquidez (demanda) dos CBIOs no mercado.

Para cada uma destas, como poderiam ser realizadas (descrever a forma)?

A primeira proposta de aprimoramento poderia se dar mediante a divulgação de informações mais claras sobre a sistemática de coleta de dados e cálculo/estimação dos indicadores de eficiência das usinas. Os coeficientes técnicos e os métodos de cálculo que fundamentam a RenovaCalc ficariam mais bem explicados para os agentes econômicos que participam do programa, bem como para pesquisadores, analistas e outros interessados.

A divulgação de um maior volume de informações sobre o programa para os investidores em geral seria uma potencial forma de atingir a segunda proposta de aprimoramento. Isso poderia aumentar o interesse de investidores e empresas na compra de CBIOs para compensar ou mesmo "neutralizar" as emissões de carbono em suas atividades econômicas. Por exemplo, uma indústria com tecnologia de produção intensiva na emissão de CO₂ poderia comprar CBIOs para compensar sua atividade.