

Título do capítulo	CAPÍTULO 12 O CRÉDITO DE DESCARBONIZAÇÃO (CBIO) E SUA RELAÇÃO COM O MERCADO DE CARBONO
Autor(es)	José Alex do Nascimento Bento José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho
DOI	DOI: http://dx.doi.org/10.38116/9786556350530cap12

Título do livro	Agropecuária Brasileira: evolução, resiliência e oportunidades
Organizadores(as)	José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho José Garcia Gasques
Volume	1
Série	-
Cidade	Rio de Janeiro
Editora	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea)
Ano	2023
Edição	1a
ISBN	9786556350530
DOI	DOI: http://dx.doi.org/10.38116/9786556350530

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – ipea 2023

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos). Acesso: <http://www.ipea.gov.br/porta/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento e Orçamento.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

O CRÉDITO DE DESCARBONIZAÇÃO (CBIO) E SUA RELAÇÃO COM O MERCADO DE CARBONO

José Alex do Nascimento Bento¹
José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho²

1 INTRODUÇÃO

No mundo globalizado, o setor de transporte depende quase exclusivamente de combustíveis derivados do petróleo. No entanto, o Brasil, um dos pioneiros e grande influenciador de novas tecnologias nesse segmento, apresenta progressos significativos na mudança para alternativas energéticas de baixo carbono (Yeh e Sperling, 2010).

As estratégias de mercado para redução de gases de efeito estufa (GEE), são, em teoria, a abordagem economicamente mais eficiente para reduzir as emissões de gases poluentes e incluem taxas de carbono e mercado de crédito de carbono. Tais instrumentos têm a capacidade de determinar o preço de carbono e, assim, incentivar um amplo número de atividades com esse propósito (Yeh e Sperling, 2010).

Nesse contexto, o mercado de crédito de carbono se destaca como um instrumento de política que busca resolver problemas ambientais com o uso de ferramentas econômicas, sem que sejam adotadas medidas fiscais para cumprir as metas de redução de emissões de GEE, estabelecidas no Protocolo de Quioto (firmado em 1997 e em vigor a partir de 2005), bem como metas específicas obrigatórias ou voluntárias criadas pelos próprios mercados de carbono regionais e nacionais (União Europeia – UE), por exemplo, o norte americano e o chinês (Godoy, 2017).

Recentemente, esses mercados, tanto o regulado quanto o voluntário, apresentaram aumento nas transações de créditos de carbono desde 2015. O valor total transacionado cresceu 34%, atingindo € 194 bilhões, com registro acumulado de mais de 14.500 projetos de crédito de carbono. Além disso, geraram-se quase 4 bilhões de toneladas de créditos de carbono com destaque para o setor

1. Pesquisador do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea); e doutor em economia rural pela Universidade Federal do Ceará (UFC). *E-mail*: <jose.bento@ipea.gov.br>.

2. Pesquisador de estudos de políticas agropecuárias na Dirur e professor do Mestrado Profissional em Políticas Públicas e Desenvolvimento, ambos do Ipea; também leciona no Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de Viçosa (PPGEA/UFV). *E-mail*: <jose.vieira@ipea.gov.br>.

florestal, a maioria emitida por projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo (Scare *et al.*, 2020).

No entanto, o mercado de carbono brasileiro ainda está em estágio inicial e embrionário.³ Porém, observou-se evidência crescente nos níveis de atividade e transações da experiência de um novo produto de carbono, precisamente o Crédito de Descarbonização (CBIO). Por meio da política RenovaBio, sugeriu-se que esse comércio de *commodities* mitigaria as emissões de GEE e auxiliaria as políticas públicas ambientais (ICC Brasil e Waycarbon, 2021).

Embora a política RenovaBio, baseada na experiência de combustível de baixo carbono, seja menos eficiente que o mercado de crédito de carbono, fica evidente a sua eficácia do ponto de vista da redução de emissão de GEE no país. Além disso, configura-se ação estratégica necessária e específica para o setor de transporte e de energia.

O caminho da geração e emissão de crédito de carbono é longo e complexo, porém, as oportunidades potenciais em reduzir as emissões de GEE são extremamente relevantes. Além de inúmeros benefícios socioeconômicos, essa política busca garantir a sustentabilidade da cadeia produtiva dos setores-chave da economia: indústria, agropecuária e energia (ICC Brasil e Waycarbon, 2021).

Portanto, ao considerar a relevância dos estudos sobre o tema, questiona-se: qual a relação entre a política RenovaBio e o mercado de carbono? Para responder a essa questão, o capítulo visa analisar se a operacionalização do ativo ambiental (CBIOs) é um mercado voluntário de carbono. Especificamente, apresentam-se o desenvolvimento do mercado do ativo ambiental CBIOs, as informações sobre o surgimento dos mercados de carbono e o comparativo da regulação das políticas de carbono consideradas.

Além disso, a interação de padrões de combustível de baixo carbono com outras políticas é uma omissão bastante recorrente na literatura. Desse modo, estudar as relações de políticas distintas é importante para entender o efeito total sobre os padrões poluentes dos combustíveis e a sua eficácia em alcançar as reduções de emissões de GEE.

Esta pesquisa tem caráter exploratório e bibliográfico. Utilizaram-se dados secundários e qualitativos da literatura, referentes ao estudo sobre a RenovaBio, padrão para combustíveis com baixa emissão de carbono e mercado de créditos de carbono. Para análise das emissões, preço e valor financeiro do mercado de CBIOs no Brasil, foram utilizados dados da B3 para o período de abril de

3. Há iniciativas nacionais para reduzir as emissões, usando mercados de carbono como instrumento: i) o projeto Partnership for Market Readiness (PMR) Brasil, de 2016-2020; ii) a RenovaBio, a partir de 2019; iii) a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA), lançada em 2020, mas que ainda precisa ser regulamentada; e iv) o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões, ainda em discussão no Congresso Nacional para aprovação.

2020 a dezembro de 2022.⁴ Ademais, as variáveis valor (correspondendo ao montante negociado) e preço médio foram deflacionadas pelo Índice Geral de Preços-Disponibilidade Interna (IGP-DI), da Fundação Getulio Vargas (FGV), obtido no Ipeadata.⁵

No contexto das discussões de mudanças climáticas, aprofundar o conhecimento da política RenovaBio e aperfeiçoá-la é essencial. Este capítulo pretende contribuir com a literatura apresentando a comparação das duas distintas políticas de carbono. Para tanto, os argumentos aqui apresentados estão divididos em mais três seções, além desta breve introdução. A seção 2 apresenta o referencial teórico sobre o tema. Na seção 3, realiza-se a discussão dos resultados. Na seção 4, seguem as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nas subseções a seguir, são apresentados alguns dos principais trabalhos sobre a RenovaBio e o mercado de carbono, sem ter a pretensão de esgotá-los. Vale ressaltar que esses trabalhos são importantes na medida em que orientam e justificam a interação existente entre as referidas políticas de carbono.

2.1 Histórico do padrão para combustíveis com baixa emissão de carbono e a experiência brasileira – RenovaBio

A política de padrões para combustíveis com baixa emissão de carbono visa reduzir a intensidade (intensidade de carbono ou *carbon intensity* – CI) média de GEE do setor de transporte. Tem como métrica as emissões totais de carbono e outros GEEs, expressadas como equivalentes de dióxido de carbono (CO₂eq) com base em seu potencial de aquecimento global, por unidade de energia do combustível. Além disso, consideram-se todos os GEE emitidos no ciclo de vida a partir da extração, do cultivo, da conversão do uso da terra, do processamento, do transporte, da distribuição e do uso do combustível (Yeh e Sperling, 2010).

Essa política foi adotada, primeiramente, no estado da Califórnia, nos Estados Unidos, com normas, conceitos e procedimentos em conformidade com a lei (Farrell e Sperling, 2007a). Iniciou-se o processo de adoção em 2008, com a maioria dos regulamentos detalhados e finalizados em 2009, entrando em vigor em 2010 (Carb, 2009).

Até 2020, os fornecedores de combustíveis deveriam reduzir as emissões de gás carbônico (CO₂), mensurada pelos padrões médios de intensidade de carbono, para

4. Disponível em: <https://www.b3.com.br/pt_br/>.

5. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>.

um montante 10% menor que a emissão média em 2010⁶ (Yeh e Sperling, 2010). Para tanto, a intensidade de carbono é calculada pela soma do total de GEEs emitidos dos combustíveis, dividindo-se pela energia total do combustível, ajustado pelo índice de eficiência energética (Carb, 2009).

Para aumentar a adoção e estimular a inovação, o padrão de combustíveis com baixa emissão de carbono permite a negociação e a comercialização de créditos de emissão. Assim, uma refinaria poderia, por exemplo, comprar créditos ou biocombustíveis e energia elétrica para uso em veículos. As empresas que conseguissem produzir combustíveis alternativos de baixo custo e com baixo teor de carbono seriam as mais beneficiadas. Por fim, a combinação de mecanismos regulatórios e de mercado tornou o padrão de baixa emissão de carbono mais robusto e duradouro, ao ser comparado a uma abordagem unicamente reguladora e mais aceitável e eficaz do que no livre mercado (Farrell e Sperling, 2007b; Sperling e Yeh, 2010).

Diante desse cenário, encontram-se os biocombustíveis como possibilidade de segurança energética, com vantagens econômicas e ambientais, além da disponibilidade a partir de fontes de biomassa comuns (Ferreira e Passador, 2014). Os biocombustíveis são fonte de energia renovável e se originam de vegetais, como plantas, sementes e frutos. Por isso, também são chamados de agrocombustíveis. São combustíveis derivados de biomassas como cana-de-açúcar, oleaginosas, biomassa florestal e outras fontes de matéria orgânica (Chaves e Gomes, 2012).

No caso do Brasil, os biocombustíveis, especialmente o biodiesel e o etanol, constituem importante vetor de desenvolvimento para a economia brasileira, além da notória contribuição ambiental e social (Ferreira e Passador, 2014). Na tentativa de promover esse setor, o governo federal instituiu, em 2004, o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), com ênfase na inclusão social e no desenvolvimento territorial para fomentar com sustentabilidade a utilização e a produção de biodiesel, reconhecido como uma fonte limpa e renovável de energia.

De acordo com a ANP (2022a), em 2014, dez anos após a implementação do programa, a produção bateu recordes significativos desde 2005, com a criação da Lei nº 11.097, que estabeleceu a obrigatoriedade de adição de percentual mínimo de biodiesel ao óleo *diesel* comercializado nas bombas de combustíveis de todo o país. Em 2021, a capacidade nominal de produção de biodiesel era de cerca de 12,4 milhões de metros cúbicos. Já a produção nacional foi de 6,8 milhões de metros cúbicos, o que correspondeu a 54,5% da capacidade total. Em comparação a 2020, a produção de biodiesel foi 5% superior.

6. Os resultados confirmam que os padrões de combustível de baixo carbono reduziram as emissões de dióxido de carbono no setor de transporte da Califórnia em cerca de 10% (Huseynov e Palma, 2018).

De acordo com a mesma fonte, em 2021, a produção total de etanol registrou queda de 8,3%, totalizando 30 milhões de metros cúbicos. No entanto, a produção nacional de etanol anidro foi de 11,4 milhões de metros cúbicos, 11,6% maior em relação a 2020. A produção de etanol hidratado diminuiu 17,4%, totalizando 18,6 milhões de metros cúbicos, 62% da produção nacional de etanol. Além disso, cabe destacar que a taxa média de crescimento no período 2012-2021 foi de 3% e 1,4%, para etanol hidratado e anidro, respectivamente.

Nesse contexto, a RenovaBio, instituída pela Lei nº 13.576, de 2017, veio fortalecer e incentivar esses importantes insumos energéticos, que seguem os objetivos descritos a seguir.

- 1) Contribuir para o atendimento aos compromissos do país no âmbito do Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), buscando aumentar a participação de bioenergia na matriz energética brasileira para aproximadamente 18% até 2030.
- 2) Contribuir com a adequada relação de eficiência energética e de redução de emissões de GEE na produção, na comercialização e no uso de biocombustíveis.
- 3) Expandir a produção e o uso de biocombustíveis na matriz energética nacional.
- 4) Tornar mais competitivos os diversos biocombustíveis no mercado nacional.

Essa política energética apresenta os seguintes princípios:

- analisar a participação dos biocombustíveis, com ênfase na sustentabilidade industrial e na segurança do abastecimento;
- proteger o consumidor quanto a preço, qualidade e oferta de produtos;
- eficácia dos biocombustíveis em contribuir para a mitigação efetiva de emissões de GEE e de poluentes locais;
- contribuir para a geração de emprego, renda e desenvolvimento regional, bem como para a promoção da bioeconomia sustentável;
- aprimoramento da eficiência energética, com o seu uso em veículos, máquinas e equipamentos; e
- impulso ao desenvolvimento tecnológico e à inovação (Brasil, 2017).

Especificamente, com base na mesma fonte, são considerados instrumentos da RenovaBio os CBIOs. Isto é, os CBIOs são definidos como ativo ou *commodity*

ambiental emitido por produtores e importadores de biocombustíveis, devidamente certificados pela Agência Nacional do Petróleo (ANP). Foram criados com o objetivo de reduzir a emissão de carbono na atmosfera. Em contrapartida, os distribuidores de combustíveis fósseis possuirão metas anuais de descarbonização calculadas pela ANP com base na proporção de combustíveis fósseis que comercializam, e elas devem ser cumpridas com a compra de CBIO – cada um deles equivale a uma tonelada de carbono que deixa de ir para a atmosfera. Além disso, os CBIOs não têm data de validade, mas podem ser aposentados, ou seja, retirados do mercado. Desse modo, a cada ano, os distribuidores de combustíveis deverão solicitar a aposentadoria de CBIOs de sua titularidade em quantidade equivalente às metas de descarbonização que lhes foram estabelecidas. Em suma, incentivam a produção de biocombustíveis, a participação de energia renovável na matriz energética nacional e contribuem para a redução de gases poluentes com o menor uso de combustíveis fósseis.

Há regulamentações adicionais por meio do Decreto nº 9.888, de 2019, tratando as metas compulsórias anuais para a redução de emissões de GEE com a criação do Comitê RenovaBio, responsável por estabelecê-las. A Portaria nº 419, de 2019, expedida pelo Ministério de Minas e Energias (MME), regulamentou o CBIO.

No processo de emissão de CBIO, o produtor ou importador de biocombustíveis deve possuir o Certificado da Produção Eficiente de Biocombustíveis, cuja quantidade emitida depende do volume de biocombustível produzido ou importado de acordo com o cálculo de sua Nota de Eficiência Energética-Ambiental (NEEA).

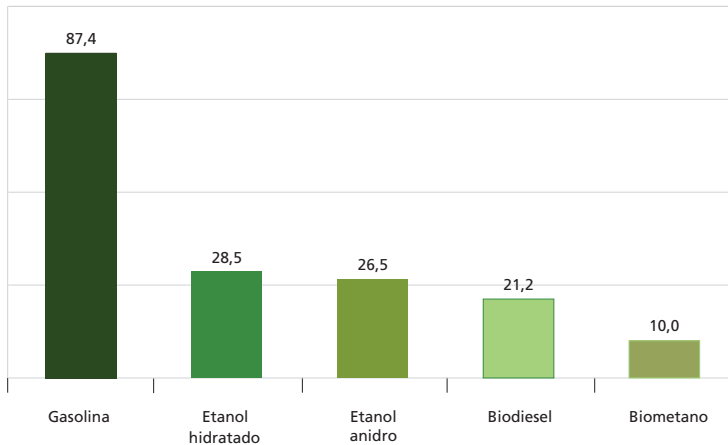
A NEEA é obtida pela diferença entre a intensidade de carbono do combustível fóssil substituto e a intensidade de carbono do biocombustível, estabelecida no processo de certificação, podendo ser representada pela seguinte equação:

$$\text{NEEA} = [\text{IC de base fóssil}] - [\text{Resultado da RenovaCalc}]^7 \quad (1)$$

O gráfico 1 apresenta a intensidade de emissões dos principais combustíveis. Observa-se o que pode ser denominado processo de descarbonização, caracterizado pela substituição de combustíveis fósseis por combustíveis alternativos menos poluentes. Ao comparar a gasolina (nosso *benchmark* para combustíveis fósseis) com diferentes biocombustíveis (tais como etanol, biodiesel e biometano), a gasolina é o mais poluente, emitindo 87,4 gramas de CO₂eq por megajoule (gCO₂eq/MJ). Os biocombustíveis emitem menos de 30 gCO₂eq/MJ. O MJ é uma unidade energética mais adequada que o volume do combustível em questão, já que a densidade pode variar com a temperatura.

7. Ferramenta de cálculo da IC de biocombustíveis, disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio/renovabio/renovacal>>.

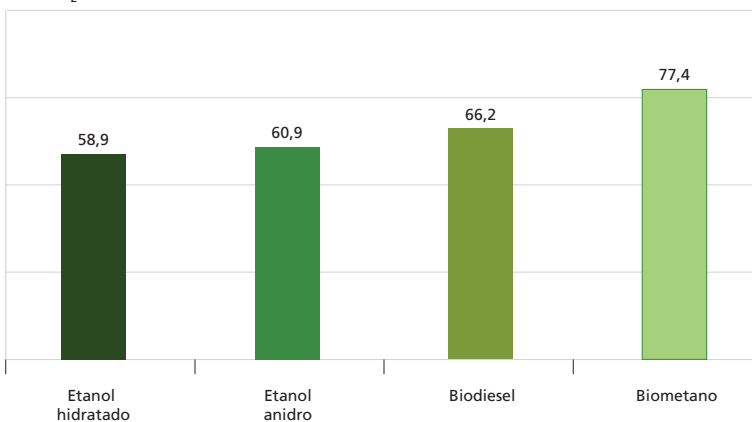
GRÁFICO 1
Intensidade de emissões por combustíveis
(Em gCO₂eq/MJ)



Fonte: ANP (2022b).
Elaboração dos autores.

O gráfico 2 compara a média da NEEA por biocombustíveis com a intensidade de carbono da gasolina. Ao substituir o combustível fóssil pelos biocombustíveis, a NEEA traduz o quanto de emissão de CO₂eq é mitigado. Portanto, ao substituir a gasolina por etanol hidratado, etanol anidro, biodiesel e/ou biometano, há a redução média de aproximadamente 59, 61, 66 e 77 gCO₂eq/MJ emitidos, respectivamente.

GRÁFICO 2
Eficiência energética dos biocombustíveis
(Em gCO₂eq/MJ)



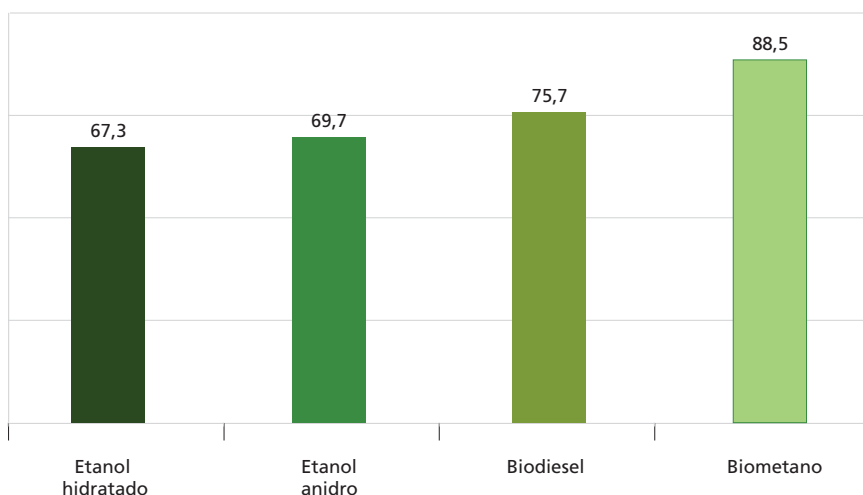
Fonte: ANP (2022b).
Elaboração dos autores.

O gráfico 3 apresenta, em termos percentuais, o potencial de mitigação dos biocombustíveis analisados. Para isso, dividiu-se a eficiência energética ambiental desses últimos pela intensidade de carbono dos combustíveis fósseis. Verificou-se que o potencial de mitigação de poluentes foi de, aproximadamente, 67% (etanol hidratado), 70% (etanol anidro), 76% (biodiesel) e 89% (biometano), comparativamente à gasolina.

GRÁFICO 3

Potencial de mitigação de CO₂eq dos biocombustíveis comparativamente aos combustíveis fósseis

(Em %)



Fonte: ANP (2022b).
Elaboração dos autores.

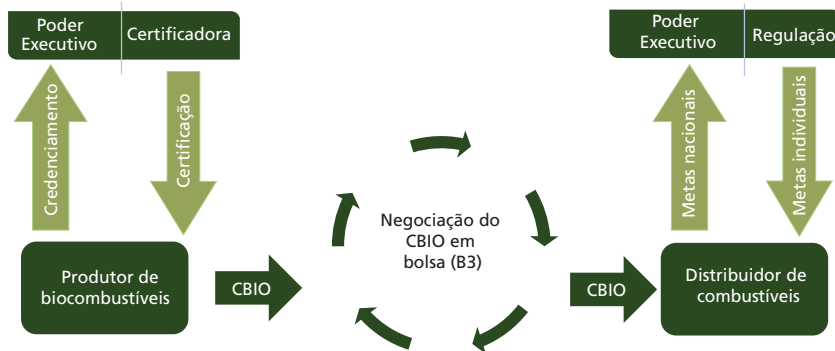
A figura 1 apresenta resumidamente⁸ o ciclo de vida do CBIO. Divide-se seu fluxo em duas etapas: a primeira, no mercado primário, e a segunda, no mercado secundário.

Na primeira etapa, o produtor ou importador de biocombustíveis solicita à ANP a autorização da emissão do CBIO. É responsabilidade dela a análise dos lastros e a permissão. Com autorização deferida, o produtor entra em contato com o escriturador⁹ para: i) solicitação da emissão do CBIO sob a forma escritural; e ii) registro das informações do CBIO emitido na bolsa, ficando apto para as negociações de compra e venda.

8. Mais detalhes disponíveis em Anbima (2020).

9. O escriturador é responsável pelo registro da emissão no ambiente da bolsa e, também, pela negociação do CBIO no mercado primário.

FIGURA 1
O ciclo de vida do CBIO



Fonte: Anbima (2020) e Brasil (2017).
Elaboração dos autores.

Na segunda etapa, ocorrem os processos de compra e venda ou a solicitação de aposentadoria. Fica sob responsabilidade do custodiante, ou intermediário, o cadastro do investidor, a confirmação da parte e da contraparte no ambiente de negociação, a liquidação física e financeira e o envio do pedido de aposentadoria para a registradora. Por fim, o escriturador envia as informações sobre os CBIOs aposentados da parte obrigada e da não obrigada e os relatórios periódicos.

2.2 Histórico do mercado de carbono brasileiro

O mercado de carbono foi estabelecido após o Protocolo de Quioto (1997) – precisamente em 2005. O programa europeu de comércio de carbono (European Union Emission Trading System – EU-ETS), instituído por lei do Parlamento Europeu em 2003, foi ação pioneira, que procurou mitigar os efeitos das mudanças climáticas e os seus efeitos adversos a nível mundial (ICC Brasil e Waycarbon, 2021).

O mercado de carbono é um termo utilizado para expressar dois tipos diferentes de comercialização de ativos ambientais relacionados à emissão de GEE: i) direitos de emissão de GEE (*allowance*) – referente a um sistema de comércio de emissões (ETS); e ii) certificados de redução de emissão de GEE (Certified ou Verified Emission Reduction – CER/VER) – referente a um mecanismo de compensação (*offset*) (ICC Brasil e Waycarbon, 2021).

A partir dos tipos de comercialização, derivaram-se dois tipos de mercados de carbono. Primeiro, o regulado ou oficial (ETS), que vigorou a partir do marco regulatório do Protocolo de Quioto, com as metas para países desenvolvidos até 2020. Ademais, com o Acordo de Paris, observam-se as metas chamadas de Contribuição Nacionalmente Determinada (Nationally Determined Contributions – NDC). Segundo, o mercado de carbono voluntário (ICC Brasil e Waycarbon, 2021; Silveira e Oliveira, 2021).

O mercado oficial é um sistema regulado, em nível internacional, nacional ou regional, orientado por meio de um marco regulatório, que estabelece um limite máximo de emissão de GEE (*cap*). Os agentes que emitem abaixo desse limite podem negociar (*trade*) seus direitos de emissão (*allowances*) com os que emitem acima do limite (ICC Brasil e Waycarbon, 2021). Para seu funcionamento, desenvolveram-se três mecanismos de flexibilização para comercializar créditos de carbono: i) mecanismo de desenvolvimento limpo; ii) implementação conjunta; e iii) comércio de emissões (Nahur, Guido e Santos, 2015; Michel, Kallweit e Pfeil, 2016).

Segundo Godoy (2013), o mecanismo de desenvolvimento limpo determina que os países industrializados, para cumprimento da redução de GEE, devem investir em projetos que mitiguem suas emissões nos países em desenvolvimento. Já a implementação conjunta diz que os países desenvolvidos devem compensar suas emissões participando de projetos que geram créditos de carbono para serem comercializados. Por fim, o comércio de emissões permite que países industrializados negociem entre si os níveis de emissões acordados no marco regulatório.

Os mercados voluntários são opções diante das exigências e barreiras para atividades no mercado oficial. Além disso, são sistemas nos quais não há limites máximos de emissão definidos por regulação aos agentes. As metas de redução de GEE atendem a metodologias de determinados padrões, liderados, em geral, por organizações não governamentais (ONGs), que geram resultados de redução de emissão de GEE na implementação de projetos (CPLC, 2022). Esses mercados são acessados por indivíduos, empresas e organizações, interessados em atingir meta voluntária corporativa ou individual com créditos gerados por meio de processos certificados. Assim, os principais padrões do mercado voluntário são Verra, Gold Standard e Social Carbon,¹⁰ entre outros (CEBDS, 2020; CPLC, 2022).

Essa discussão se iniciou, nacionalmente, a partir da Conferência das Partes, em sua 15ª edição (COP-15), realizada em Copenhague, em 2009. O Brasil formalizou seu compromisso de reduzir entre 36,1% e 38,9% as emissões nacionais de GEE, projetadas para 2020, por meio de suas ações de mitigação (Brasil, 2021a).

A partir da evolução das negociações no âmbito da COP-21, realizada em 2015, em Paris, tem-se a apresentação da pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (intended Nationally Determined Contribution – iNDC), ratificada

10. A Verra gerencia o principal programa voluntário no mercado mundial de carbono, chamado Verified Carbon Standard (VCS), que é o programa de crédito de GEE. Ele direciona o financiamento para atividades que reduzem e removem emissões, melhoram os meios de subsistência e protegem a natureza. O Gold Standard foi estabelecido em 2003 pelo World Wide Fund for Nature (WWF) e outras ONGs internacionais com projetos que reduzem as emissões de carbono e contribuem para o desenvolvimento sustentável. Por fim, a Social Carbon desenvolve projetos de mudança climática, de forma a fortalecer o bem-estar social com consciência cívica sem a degradação dos recursos naturais. Disponíveis em: <<https://verra.org/programs/verified-carbon-standard/#>>; e <<https://www.goldstandard.org/>>; e <<https://www.socialcarbon.org/>>.

em 2016 na COP-22 (realizada em Varsóvia, em 2016) e revista em dezembro de 2020, consolidando a meta de redução absoluta no agregado da economia de 37% das emissões de GEE em relação aos níveis de 2005, com prazo de alcance até 2025, bem como a redução de 43% das emissões de GEE em relação aos níveis de 2005, com prazo até 2030 (Brasil, 2021a).

Em 2021, durante a Cúpula do Clima, organizada pelos Estados Unidos, foi defendido que o Brasil alcançaria a neutralidade climática até 2050 (Chiappini, 2021). Em paralelo à evolução histórica da mitigação das mudanças climáticas no Brasil, encontraram-se iniciativas para reduzir as emissões de GEE, tendo os mercados de carbono como instrumento. Essas iniciativas foram: i) o Projeto Partnership for Market Readiness (PMR) Brasil (2016-2020); ii) a RenovaBio (a partir de 2019); iii) a PNPSA (lançada em 2020, mas que não foi regulamentada); e iv) o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (ainda em discussão no Congresso Nacional para aprovação).

O projeto PMR Brasil, sob a coordenação do Ministério da Economia e do Banco Mundial, teve como objetivo discutir a precificação de carbono como uma ferramenta destinada à implementação da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) no período pós-2020. Esse projeto teria duração de quatro anos (2016-2020), sendo o mercado do tipo ETS (mercado regulado) o instrumento mais indicado para o Brasil (World Bank, 2020). Com o término do projeto PMR, o Brasil pretendia participar da Partnership for Market Implementation (PMI), que buscava auxiliar os países participantes a implementar instrumentos explícitos de precificação de carbono, alinhados às prioridades de desenvolvimento interno (World Bank, 2019). No entanto, em 2021, o Brasil não foi selecionado para adesão ao PMI. Os motivos apontados foram a restrição orçamentária do Banco Mundial e que o Brasil não estava adiantado na implementação de um mercado de carbono (EPE, 2021).

Em 2021, sob a Lei nº 14.119, o governo brasileiro instituiu a PNPSA, o Cadastro Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (CNPSA) e o Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais (PFPSA), definindo conceitos, objetivos, diretrizes, ações e critérios para incentivar a conservação das condições ambientais dos ecossistemas do Brasil (Brasil, 2020; 2021b). Essa política foi aprovada, necessitando de regulamentações adicionais para garantir sua implementação adequada às condições socioeconômicas, ambientais e técnicas existentes no Brasil.

No mesmo ano, o Projeto de Lei (PL) nº 528/21 estabeleceu o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE), que regularia as transações de créditos de carbono (Brasil, 2021c). A proposta ofereceria bases para o desenvolvimento de um mercado voluntário de créditos de carbono, além da inclusão de um mercado ETS, em paralelo com a recomendação do PMR Brasil. No entanto, esse PL está em análise e será votado na Câmara dos Deputados.

Por fim, segundo Lopes *et al.* (2015), entre as vantagens de implementação no Brasil de um modelo piloto de *cap-and-trade*, isto é, mercado regulado, estariam os pontos a seguir descritos.

- 1) O posicionamento do Brasil ao lado de outros países em desenvolvimento que tenham implementado o modelo (ou estejam em processo de implementação de programas *cap-and-trade* pilotos).
- 2) A experiência no sistema de mercado cujas bases favoreceriam o desenvolvimento, a consolidação de novos mecanismos de mercado e acordos no âmbito da CQNUMC.
- 3) A redução da dependência da demanda nacional por ativos de carbono externos, para o caso em que existiria um mercado de carbono interno.
- 4) A criação de incentivos para investimentos em novas tecnologias relacionadas a uma economia de baixo carbono no país.
- 5) O posicionamento do Brasil como um país pioneiro na América Latina na implementação de um modelo *cap-and-trade*, possivelmente tornando-se responsável pela negociação de ativos de carbono na região, eventualmente interligando-se com mercados de carbono vizinhos.

3 ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS

Nesta análise, utilizaram-se dados secundários sobre o CBIOs, o mercado de carbono e os preços do petróleo para descrever seus comportamentos ao longo do período analisado. Além disso, verifica-se a relação entre as políticas de carbono que são objetos deste estudo.

3.1 Panorama geral da RenovaBio

A tabela 1 apresenta a distribuição das emissões de CBIOs por estados no período de 2020 a 2022. Em 2020, foram emitidos 18,7 milhões de CBIOs, evitando a emissão do mesmo montante de GEE com a utilização dos biocombustíveis. Em 2021, foram emitidos 30,8 milhões. Em 2022, por sua vez, foram emitidos 33,82 milhões de CBIOs, o que representou um crescimento de aproximadamente 10%, comparativamente ao ano anterior. Em termos regionais, os estados de São Paulo, Goiás e Minas Gerais, em 2022, foram os que mais emitiram CBIOs no país, com as quantidades de 12,32 milhões, 6,24 milhões e 3,41 milhões de ativos emitidos, respectivamente.

TABELA 1
Distribuição das emissões de CBIOs por estados (2020-2022)

Estados	2020 (milhões de unidades)	2021 (milhões de unidades)	2022 (milhões de unidades)	Δ2021-2022 (%)
Acre	0	0	0	-
Alagoas	48.195	232.083	312.696	34,73
Amazonas	0	0	0	-
Amapá	0	0	0	-
Bahia	282.773	629.335	707.790	12,47
Ceará	48.729	75.982	85.456	12,47
Distrito Federal	0	0	0	-
Espírito Santo	0	6.813	62.588	818,65
Goiás	3.704.456	5.433.165	6.238.453	14,82
Maranhão	50.464	128.689	176.218	36,93
Minas Gerais	1.882.786	3.026.487	3.406.069	12,54
Mato Grosso do Sul	2.075.974	3.128.523	2.653.883	-15,17
Mato Grosso	656.554	1.498.689	3.352.895	123,72
Pará	0	29.827	68.115	128,37
Paraíba	107.098	191.118	240.275	25,72
Pernambuco	42.294	120.403	208.532	73,19
Piauí	25.676	40.291	43.777	8,65
Paraná	1.005.331	1.890.281	1.679.318	-11,16
Rio de Janeiro	297.290	316.006	448.368	41,89
Rio Grande do Norte	0	19.826	65.335	229,54
Rondônia	5.620	4.875	21.792	347,01
Roraima	0	0	0	-
Rio Grande do Sul	727.710	1.280.104	1.463.982	14,36
Santa Catarina	0	0	0	-
Sergipe	0	0	0	-
São Paulo	7.596.888	12.496.272	12.318.495	-1,42
Tocantins	153.308	222.495	270.781	21,70
Total	18.711.146	30.771.264	33.824.818	9,92

Fonte: B3, 2022. Disponível em: <https://www.b3.com.br/pt_br/>. Elaboração dos autores.

Em relação às metas de geração de CBIOs atribuídas pela ANP, verificou-se que, em 2020, deveriam ser emitidas 18,7 milhões de unidades de CBIOs. No entanto, ultrapassou-se a meta em 125,6%. Em 2021, a meta buscava emitir 24,9 milhões de unidades e foi superada em 123,8%. Por fim, a meta estabelecida para 2022 almejava a emissão de 36 milhões de ativos, não sendo atingida; conseguiu-se cumprir 94% da meta estipulada.¹¹

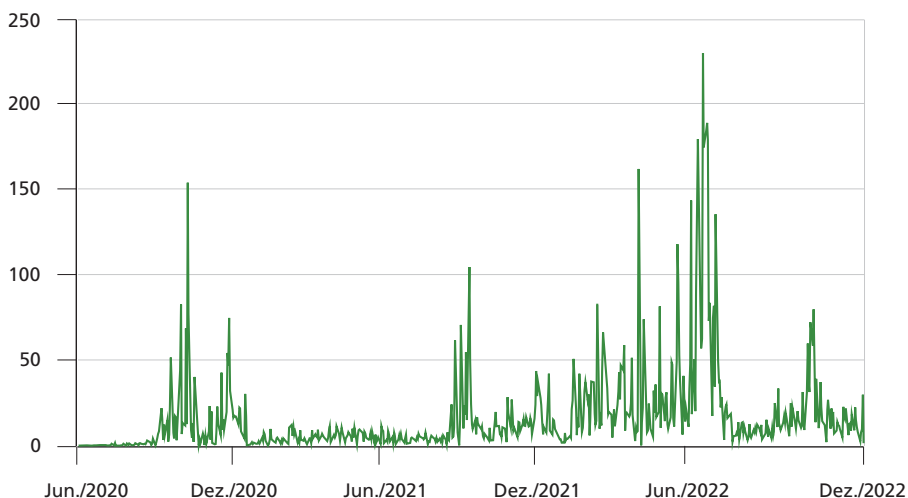
11. Disponível em: <<https://bit.ly/3VyKPiM>>.

Os gráficos 4 e 5 apresentam o valor real transacionado e o comportamento do preço médio real de CBIOS no período de junho de 2020 a dezembro de 2022. Em 2020, os valores reais negociados foram de R\$ 1,44 bilhão, com um preço médio real de R\$ 44,51. Em 2021, o montante chegou a R\$ 2,2 bilhões, resultado que apresentou crescimento de 51,4%, com o preço médio real negociado de R\$ 39,11. Para tanto, em 2022, os valores negociados foram de R\$ 6,9 bilhões, com preço médio real igual a R\$ 99,74 (alta de aproximadamente 155%).

GRÁFICO 4

Volume financeiro real diário negociado de CBIOS (jun./2020-dez./2022)

(Em R\$ milhões)

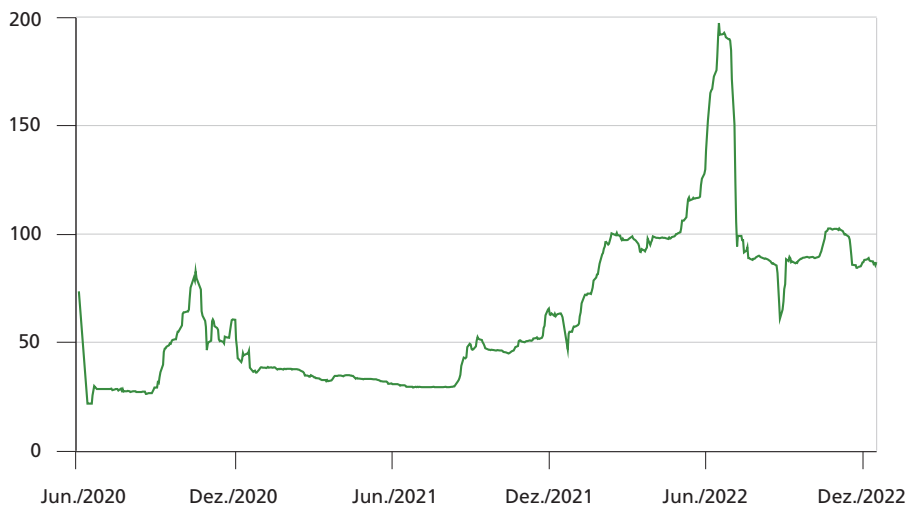


Fonte: B3, 2022. Disponível em: <https://www.b3.com.br/pt_br/>.
Elaboração dos autores.

No gráfico 5, observou-se, em 2020, uma redução ao longo dos meses analisados, passando de R\$ 73,52, em junho, para R\$ 38,39, em dezembro, com preço médio de R\$ 44,51. Em 2021, verificou-se uma trajetória sem oscilações de preços, na qual o preço médio ao longo do ano foi de R\$ 39,11. O desempenho de 2022 apresentou um crescimento expressivo com média de R\$ 99,74 durante o ano, tendo um valor máximo observado de R\$ 197,36 em junho.

GRÁFICO 5

Preço médio em valores deflacionados (jun./2020-dez./2022)
(Em R\$)



Fonte: B3, 2022. Disponível em: <https://www.b3.com.br/pt_br/>.
Elaboração dos autores.

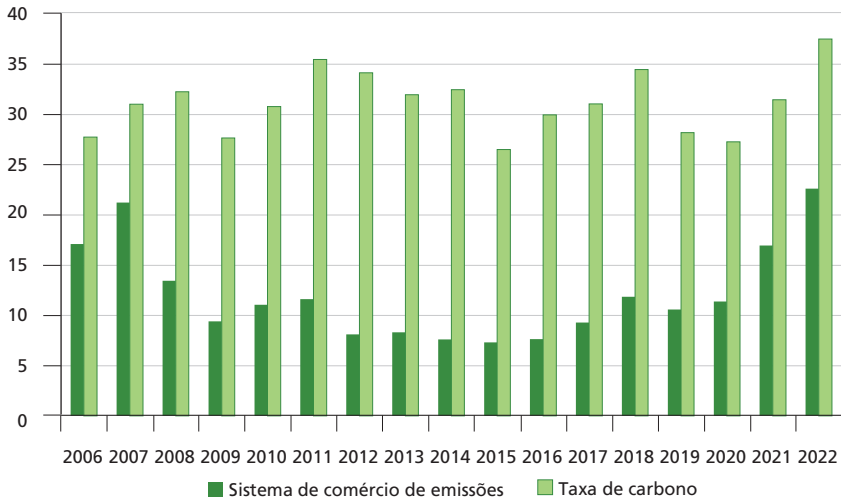
É importante relacionar o preço do CBIO com o preço do carbono no mundo. O gráfico 6 apresenta o preço médio no mercado internacional de carbono de 2006 a 2022. De maneira geral, não houve oscilações significativas de preços ao longo do período analisado. O preço médio em 2022 foi de US\$ 22,63/tCO₂eq no sistema de emissões e de US\$ 37,52/tCO₂eq no sistema com taxa de carbono.

Ao compararem-se os preços do CBIO com o mercado de carbono, como no ano de 2022, cujo preço real médio do CBIO foi de R\$ 99,74, e considerando a taxa de câmbio anual para o dólar americano em 2022 de R\$/US\$ 5,22,¹² calculou-se o preço equivalente em dólar para o CBIO igual a US\$ 19,11/tCO₂eq. Desse modo, observou-se que o CBIO se aproxima do sistema de comércio de emissões ou do mercado regulado de carbono, com preço médio, no mesmo período, de US\$ 22,63/tCO₂eq.

O CBIO, ao incentivar a produção de biocombustíveis e reduzir a intensidade de carbono da economia, corrobora em um menor uso de combustíveis fósseis. Dessa forma, fica clara a relação de preço e emissão de CBIOs com o preço internacional do barril de petróleo. O gráfico 7 apresenta os preços *spot* do petróleo Brent (US\$/b), de 2006 a 2022.

12. De acordo com Banco Central do Brasil, disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/sgspub/localizarseries/localizarSeries.do?method=prepararTelaLocalizarSeries>>.

GRÁFICO 6
Preço médio do carbono no mundo (2006-2022)
 (Em US\$/teq)



Fonte: FGV (2022b).

Elaboração dos autores.

Obs.: Taxa de carbono é a atribuição de preços ao carbono por meio de uma taxa ou imposto sobre as emissões de GEE, enquanto o sistema de comércio de emissões determina um limite total do volume das emissões de GEE em um ou mais setores da economia.

GRÁFICO 7
Preços *spot* do petróleo Brent (2006-2022)
 (Em US\$/b)



Fonte: EIA (2023).

Elaboração dos autores.

Ao longo do período analisado, observaram-se grandes oscilações no preço do petróleo. O início da década de 2000 foi marcado pelo *boom* de *commodities*, sobretudo pelo crescimento chinês, elevando-se os preços do petróleo. Em 2008, a grande queda de preço foi determinada pela grave crise imobiliária norte-americana. A partir de 2009, o preço do barril de petróleo apresentou comportamento crescente com a recuperação da economia mundial. Entre 2014 e 2016, os preços caíram significativamente em decorrência do aumento da produção da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep) e da resiliência da produção dos Estados Unidos, que implicaram sobreoferta. Posteriormente a esse acontecimento, a formação da Opep+ conseguiu estabilizar o mercado e recuperar os preços nos anos seguintes. Por fim, com a pandemia de covid-19 e desacordos entre produtores da Opep+, ocorreu a queda dos preços em 2020. No entanto, os acordos de cotas e a recuperação pós-pandemia elevaram os preços. 2021 foi marcado por desequilíbrios entre oferta e demanda de petróleo e saturação da capacidade mundial de refino, o que permitiu alavancarem ainda mais os preços. O último agravante foi o conflito entre Ucrânia e Rússia, que provocou mais instabilidades e riscos geopolíticos, levando os preços de petróleo e seus derivados a novos recordes (EPE, 2022).

No Brasil, o petróleo e seus derivados são importantes fontes energéticas; entre os combustíveis, o *diesel* e a gasolina são os mais consumidos. Desse modo, o preço do barril de petróleo afeta o preço no mercado de CBIOs. Ao compararem-se os gráficos 5 e 7, há uma correlação positiva entre esses dois preços. Em junho de 2022, o preço real médio do CBIO alcançou seu maior valor (R\$ 197,36), momento em que o preço da gasolina também estava em patamares elevados (US\$ 122,71/barril). A partir do segundo semestre de 2022, o preço médio do CBIO recuou (R\$ 86,53 em dezembro), com estabilização do preço do petróleo (US\$ 80,92/barril).

Em relação à descarbonização da matriz de combustíveis pelo uso de bio-combustíveis, verificou-se que, em 2020, foi evitada a emissão de 37,1 milhões de tCO₂eq. Em 2021, foram deixados de emitir 35,35 milhões de tCO₂eq. Por fim, em 2022, foi evitada a emissão de 26,03 milhões de tCO₂eq (FGV, 2022a).

3.2 Relação da RenovaBio com o mercado de carbono

O setor de energia enfrenta várias regulamentações relacionadas à GEE. Isso inclui tanto a tentativa de estabelecer o mercado de crédito de carbono brasileiro quanto a padronização das emissões de carbono, por meio da RenovaBio. Apesar disso, pelas experiências internacionais, essas duas políticas reduzem as emissões de GEE pela queima de combustível do setor de transporte, alterando a demanda total, o incentivo à produção e o consumo de combustíveis de baixo carbono.

Nesse contexto, há dúvidas sobre o relacionamento entre essas duas políticas de carbono, que visam à mitigação da emissão de GEE. Os diferentes instrumentos

utilizados por ambas afetam as partes regulamentadas, no entanto, de maneira bem distinta. Assim, há implicações importantes dos efeitos dessas políticas sobre consumidores, refinadores de petróleo e produtores de combustível de baixo carbono (Holland, Hughes e Knittel, 2009; Chen *et al.*, 2014).

O quadro 1 compara os elementos de formulação importantes de uma padronização de emissão com o mercado do tipo *cap-and-trade*. Nota-se que as políticas são semelhantes.

QUADRO 1

Comparação de políticas-padrões de combustível de baixo carbono com o mercado de crédito de carbono do tipo *cap-and-trade*

Mecanismos	Padrões de combustível de baixo carbono	Mercado <i>cap-and-trade</i>
Possui metas de redução de carbono e instrumentos para essa finalidade?	Sim	Sim
Determina as intensidades de carbono dos combustíveis?	Sim	Sim
Regulamenta um tipo de mercado de crédito?	Sim	Sim
Regulamenta diferentes combustíveis?	Sim	Não

Fonte: Lade e Lawell (2015).

Ambas as políticas podem ser implementadas por meio de uma regulamentação baseada em quantidade ou preço, o que permite uma fácil comparação. Há divergência apenas sobre os esquemas de subsídio fiscal equivalente adotado (Yeh *et al.*, 2016).

O mercado de crédito de carbono, geralmente o oficial, limita as emissões, envolvendo todos os países assinantes do contrato de regulação. Assim, em sua abrangência, inclui as emissões do setor de transportes, que são contabilizadas por uma parte reguladora por meio da compra de subsídios, permitindo as negociações do direito de emissão (mercado ETS) (Yeh *et al.*, 2016).

Nesse mercado, o comércio de licenças impacta todos os tipos de combustíveis. Isso se deve ao fato de as obrigações reguladas serem proporcionais à emissão de GEE de cada combustível. Desse modo, no mercado do tipo ETS, o aumento do custo dos combustíveis derivados do petróleo é maior do que em combustíveis de baixo carbono. Como resultado, acaba tornando esses últimos mais atrativos, tanto para produzir quanto para consumir (Yeh *et al.*, 2016).

No caso da política de padronização da emissão, há a especificação de um padrão de intensidade de carbono, que determina qual volume dos diferentes combustíveis será tributado ou subsidiado. Os combustíveis com altas emissões de CO₂ eq geram déficits quando estão acima do padrão. Da mesma forma, combustíveis com baixa intensidade de carbono geram créditos. Assim, essa política utiliza como instrumento impostos sobre combustíveis com emissões acima do

limite padrão e subsidia aqueles com emissões abaixo. Além disso, o preço do crédito se ajusta até o ponto em que os déficits e os créditos compensam um ao outro. De modo distinto, no mercado do tipo ETS, o preço do crédito depende do custo marginal, do combustível utilizado para atender a regulamentação, do grau da comercialização concedida às partes em termos de serviços bancários, empréstimos e créditos de negociação e das restrições da própria política (Yeh *et al.*, 2016).

Pelas experiências internacionais, a política sobre o padrão de emissão dos combustíveis interage com outras políticas climáticas e energéticas, especificamente o mercado de carbono do tipo ETS. Pode-se dizer que a interação é do tipo complementar. Logo, com uma taxa adequadamente projetada, no preço do carbono ou no montante permitido de emissão de CO₂, como a existente no mercado do tipo ETS, é possível corrigir a ineficiência encontrada na política dos padrões de emissões dos combustíveis. Portanto, esta última é considerada a segunda melhor política relacionada ao mercado de carbono.

Ademais, as duas políticas têm alvos e focos diferentes: a padronização das emissões nos combustíveis é uma política de caráter tecnológico e de longo prazo, que incentiva tecnologias de baixo carbono no mercado, enquanto o mercado de carbono do tipo ETS internaliza a externalidade das emissões de carbono com amplo alcance, incluindo questões importantes, tais como tecnologia, comportamento, resposta do sistema e compensações internacionais.

Portanto, não existe uma resposta definitiva para o problema de pesquisa levantado. As políticas estudadas se complementam e podem contribuir para o desenvolvimento de ambas. Outras lacunas relevantes se apresentam. Na presença da RenovaBio, os combustíveis devem ser incluídos no mercado de carbono? Em caso afirmativo, quando e como? Os créditos devem ser negociáveis entre o mercado de carbono e a RenovaBio? Eles serão comercializados na plataforma da B3? As respostas a essas perguntas não têm uma fundamentação científica, já que se espera a implementação do mercado de carbono brasileiro.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A meta de reduzir as emissões de GEE e o uso de combustíveis derivados do petróleo requer uma gama de políticas e programas. Práticas como a descarbonização de combustíveis e a redução do uso de veículos que utilizam energia não renovável são essenciais para mitigar a dependência de combustíveis de alto carbono. Nesse sentido, a RenovaBio, vista como uma política economicamente eficiente do tipo de padronização de emissão de baixo carbono, contribui para a descarbonização de combustíveis. Um dos pontos fortes é a maior flexibilidade em relação ao mercado de crédito de carbono regulado, aproveitando

mecanismos de livre mercado via negociação de crédito e estimulando a inovação no setor de energia.

Pelo observado, com a criação do mercado nacional de carbono, benefícios podem ser trazidos tanto para o alcance da economia de baixo carbono quanto para a RenovaBio, tendo como base a experiência internacional, a partir do Protocolo de Quioto e do mercado ETS, desenvolvido na Europa. No Brasil, o CBIO vem ocupando papel de destaque no que se refere a ativo de carbono, de modo a garantir a competitividade do setor energético, mesmo em cenários de baixa dos preços do petróleo e decréscimos nos percentuais de mistura obrigatória dos biocombustíveis na gasolina. Ademais, o CBIO auxilia na implementação do mercado de carbono voluntário nacional.

A comercialização de CBIOs no mercado acionário tem sido uma alternativa efetiva para a redução das emissões de carbono e sua monetização. Desse modo, o estabelecimento dessa sinergia entre a RenovaBio e o mercado de carbono nacional seria um grande marco em favor da sustentabilidade e do crescimento verde, beneficiando não só as gerações futuras pelo enfrentamento das mudanças climáticas, como também a população brasileira, pela geração de emprego e renda.

Existem várias oportunidades de estudos para o entendimento e a eficácia dos combustíveis de baixo carbono. Cita-se o papel das políticas públicas nas inovações tecnológicas, no aprendizado da indústria de biocombustíveis e na interação desses últimos com outras políticas que mitiguem a emissão de carbono. No geral, os estudos sobre padrões de combustível de baixo carbono continuarão a ter grande relevância para o desenho de políticas de carbono eficazes e eficientes não apenas nos Estados Unidos e na Europa, mas também para o desenvolvimento dessas políticas no Brasil. Por fim, acredita-se que a implementação do mercado de carbono nacional será complementar para a RenovaBio, e vice-versa. Não há motivos para não apoiar o desenvolvimento de ambos, pois estão na mesma direção: a de mitigar a emissão de GEE.

REFERÊNCIAS

ANBIMA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS ENTIDADES DOS MERCADOS FINANCEIRO E DE CAPITAIS. **Guia de operacionalização do CBIO: crédito de descarbonização por biocombustíveis**. Rio de Janeiro: Anbima, 2020. Disponível em: <<https://www.anbima.com.br/data/files/2B/23/E9/0F/FEF447101699D3471B2BA2A8/Guia%20de%20Operacionalizacao%20do%20CBIO.pdf>>.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2022**. Rio de Janeiro: ANP, 2022a.

_____. **Painel dinâmico de certificações de biocombustíveis RenovaBio 2022**. Rio de Janeiro: ANP, 2022b.

BRASIL. Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 27 dez. 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Floresta + Carbono incentiva conservação de vegetação nativa**. Brasília: MMA, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/42uFU4w>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária, com vistas ao desenvolvimento sustentável: plano operacional ABC+ 2020-2030**. Brasília: Mapa/SDI, 2021a.

_____. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nºs 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. **Diário Oficial da União**, Brasília, 14 jan. 2021b.

_____. **Projeto de Lei nº 528/2021**. Regulamenta o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE), determinado pela Política Nacional de Mudança do Clima – Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Brasília: Câmara dos Deputados, 2021c.

CARB – CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD. **Staff report: proposed regulation to implement the low carbon fuel standard**. Initial statement of reasons. Sacramento: Carb, 2009. v. 1. Disponível em: <<https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/barcu/regact/2009/lcfs09/lcfscombofinal.pdf>>.

CEBDS – CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Visão geral dos mercados de carbono: objetivos, dinâmicas e desempenho**. Rio de Janeiro: CEBDS, 2020. (Nota Técnica). Disponível em: <<https://bit.ly/42eX3Qg>>.

CHAVES, M. C. de C.; GOMES, C. F. S. Avaliação de biocombustíveis utilizando o apoio multicritério à decisão. **Production Journal**, v. 14, n. 3, p. 495-507, 2012.

CHEN, X. *et al.* Alternative transportation fuel standards: welfare effects and climate benefits. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 67, p. 241-257, 2014.

CHIAPPINI, G. Brasil revisa meta de emissões de carbono e promete neutralidade até 2050. **EPBR**, 22 abr. 2021. Disponível em: <<https://epbr.com.br/brasil-revisa-meta-de-emissoes-de-carbono-e-promete-neutralidade-ate-2050/>>. Acesso em: 19 nov. 2022.

CPLC – CARBON PRICING LEADERSHIP COALITION. **What is carbon pricing?** Washington: World Bank, 2022. Disponível em: <<https://www.carbonpricingleadership.org/what>>.

EIA – ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Petroleum and other liquids: spot prices.** Washington: EIA, 2023. Disponível em: <<https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=RB RTE&f=M>>.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Consideração de benefícios ambientais no setor elétrico: é hora de um mercado de carbono?** Brasília: EPE, 2021. Disponível em: <<https://bit.ly/3HJ5E5d>>.

_____. **Preços internacionais de petróleo: estudos do plano decenal de expansão de 2032.** Brasília: EPE, 2022. Disponível em: <<https://bit.ly/3VDn7le>>.

FARRELL, A. E.; SPERLING, D. **A low-carbon fuel standard for California: technical analysis (part 1).** Davis: Institute of Transportation Studies, University of California, 2007a. (Research Report). Disponível em: <<https://escholarship.org/uc/item/8zm8d3wj>>. Acesso em: 18 nov. 2022.

_____. **A low-carbon fuel standard for California: policy analysis (part 2).** Davis: Institute of Transportation Studies, University of California, 2007b. (Research Report). Disponível em: <<https://escholarship.org/uc/item/1hm6k089>>.

FERREIRA, V. R.; PASSADOR, C. S. O cenário sobre biocombustíveis, políticas públicas e sustentabilidade na produção científica nacional e internacional: a internacionalização das pesquisas do Brasil. *In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO*, 38., 2014, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Anpad, 2014.

FGV – FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. **Descarbonização da matriz de combustíveis.** São Paulo: FGV, 2022a. (Observatório de Bioeconomia). Disponível em: <<https://bit.ly/3NGShq0>>.

_____. **Precificação de carbono.** São Paulo: FGV, 2022b. (Observatório de Bioeconomia). Disponível em: <<https://bit.ly/3AZ8vDs>>.

GODOY, S. G. M. Projetos de redução de emissões de gases do efeito estufa: desempenhos e custos de transação. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 48, n. 2, p. 301-326, 2013.

_____. Os mercados de carbono em perspectiva comparada: informações e análises sobre o comércio e desenvolvimento sustentável. **Revista Pontes**, v. 13, p. 18-21, 2017.

HOLLAND, S. P.; HUGHES, J. E.; KNITTEL, C. R. Greenhouse gas reductions under low carbon fuel standards? **American Economic Journal**, v. 1, n. 1, p. 106-146, 2009.

HUSEYNOV, S.; PALMA, M. A. Does California's low carbon fuel standards reduce carbon dioxide emissions? **PLoS ONE**, v. 13, n. 9, 2018.

ICC – INTERNATIONAL CHAMBER OF COMMERCE BRASIL; WAYCARBON. **Oportunidades para o Brasil em mercados de carbono**. São Paulo: ICC Brasil; WayCarbon, 2021. Disponível em: <https://www.iccbrasil.org/media/uploads/2021/09/27/oportunidades-para-o-brasil-em-mercados-de-carbono_icc-br-e-waycarbon_29_09_2021.pdf>.

LADE, G. E.; LAWELL, C. Y. C. L. The design and economics of low carbon fuel standards. **Research in Transportation Economics**, v. 52, p. 91-99, 2015.

LOPES, L. *et al.* **Estudos sobre mercado de carbono no mercado de carbono no Brasil**: análise legal de possíveis modelos regulatórios. Washington: BID, 2015. (Monografia do BID, n. 307).

MICHEL, J.; KALLWEIT, K.; PFEIL, E. von. The clean development mechanism (CDM). *In*: PANCEL, L.; KÖHL, M. (Ed.). **Tropical forestry handbook**. Berlin: Springer, 2016. p. 3039-3056.

NAHUR, A. C.; GUIDO, F. L.; SANTOS, J. A. G. **As mudanças climáticas: riscos e oportunidades**. Brasília: Banco do Brasil, 2015.

SCARE, R. F. *et al.* **Modelo para atuação no mercado de créditos de carbono para a agricultura**. Ribeirão Preto: Markestrat Agribusiness, 2020.

SILVEIRA, C. S.; OLIVEIRA, L. Análise do mercado de carbono no Brasil: histórico e desenvolvimento. **Novos Cadernos NAEA**, v. 24, n. 3, p. 11-31, 2021.

SPERLING, D.; YEH, S. Toward a global low carbon fuel standard. **Transport Policy**, v. 17, p. 47-49, 2010.

WORLD BANK. **Partnership for market implementation**. Washington: World Bank, 2019. Disponível em: <<https://www.worldbank.org/en/topic/climatechange/brief/partnership-for-market-implementation>>.

_____. **Síntese das análises e resultados do projeto PMR Brasil**. Brasília: Grupo Banco Mundial; ME, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/pmr/relatorio-sintese-pmr.pdf>>.

YEH, S. *et al.* A review of low carbon fuel policies: principles, program status and future directions. **Energy Policy**, v. 97, p. 220-234, 2016.

YEH, S.; SPERLING, D. Low carbon fuel standards: implementation scenarios and challenges. **Energy Policy**, v. 38, p. 6955-6965, 2010.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ASSAD, E. D.; RIBEIRO, R. R. R.; NAKAI, A. M. Assessments and how an increase in temperature may have an impact on agriculture in Brazil and mapping of the current and future situation. *In*: NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; SOARES, W. R. (Org.). **Climate change risks in Brazil**. São Paulo: Springer Nature, 2019. p. 3-65.

EIA – ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Energy market and economic impacts of S. 2191**: the Lieberman-Warner climate security act of 2007. Washington: US Department of Energy, 2008.

NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; SOARES, W. R. **Climate change risks in Brazil**. Geneve: Springer, 2019.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Supplemental EPA analysis of the American clean energy and security act of 2009 H. R. 2454 in the 111th Congress**. Washington: US EPA, 2009. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-06/documents/hr2454_analysis.pdf>.