

Avaliação do Programa

RenovaBio



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



ONTL
10 anos
Observatório Nacional de Transporte e Logística

INFRA S.A.

Avaliação do Programa **RenovaBio**



PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Luiz Inácio Lula da Silva

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES

George Andre Palermo Santoro

INFRA S.A.

DIRETOR-PRESIDENTE

Jorge Luiz Macedo Bastos

DIRETORA DE ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS

Elisabeth Alves da Silva Braga

DIRETOR DE EMPREENDIMENTOS

André Luís Ludolfo da Silva

DIRETOR DE PLANEJAMENTO

Cristiano Della Giustina

DIRETOR DE MERCADO E INOVAÇÃO

Marcelo Vinaud Prado

SUPERINTENDENTE DE INTELIGÊNCIA DE MERCADO

Lilian de Alencar Pinto Campos

GERENTE DE INOVAÇÃO

Sirléa de Fátima Ferreira Leal Moura

COLABORADORES

Adriana Vanessa Mendes Moreira- Diagramação

Relatório MME – RenovaBio

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro Alexandre Silveira de Oliveira

DIRETORA DE BIOCOMBUSTÍVEIS

Lorena Mendes de Souza

COORDENADORA-GERAL DO RENOVABIO

Rafaela Coelho Guerrante G. S. Moreira

ANALISTA DE INFRAESTRUTURA

Bárbara Bressan Rocha

DIRETOR DE PROGRAMAS

Marlon Arraes

Nota: Este relatório foi produzido conjuntamente pela Infra S.A. e o Ministério de Minas e Energia, dentro do Acordo de Cooperação Técnica 007/2024, celebrado entre as instituições.

Observatório Nacional de Transporte e Logística – ONTL Infra S.A.

Endereço: SAUS, Quadra 01, Bloco G, Lotes 3 e 5, Asa Sul,
Brasília - DF - 70.070-010

E-mail: ontl@infrasa.gov.br / institucional@infrasa.gov.br

Site: www.infrasa.gov.br / www.ontl.infrasa.gov.br

© 2026

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



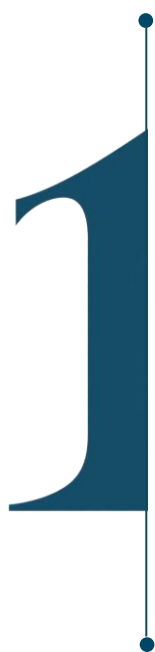
INFRA S.A.



SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	05
2.	AVALIAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS – RENOVABIO E SIMILARIDADE COM INICIATIVAS DE OUTROS PAÍSES	07
3.	MAPEAMENTO DAS CADEIAS PRODUTIVAS (ETANOL, BIODIESEL E BIOMETANO)	33
4.	OPORTUNIDADES DE AMPLIAÇÃO DA RASTREABILIDADE DA PRODUÇÃO DO ETANOL DE MILHO E DO BIODIESEL.....	45
5.	FUNCIONAMENTO DA PLATAFORMA CBIO	52
6.	AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO PROGRAMA RENOVABIO E DA PLATAFORMA CBIO NO SETOR DE TRANSPORTES DA PLATAFORMA CBIO	56
7.	ANÁLISE DE EXPANSÃO DO PROGRAMA RENOVABIO	62
8.	ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS PARA A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA.....	64
9.	CONCLUSÃO.....	71
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73





INTRODUÇÃO



1. INTRODUÇÃO

A transição para uma economia de baixo carbono representa um dos principais desafios globais contemporâneos, especialmente no setor de transportes, responsável por parcela significativa das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Nesse contexto, políticas públicas voltadas à promoção de fontes energéticas renováveis tornam-se instrumentos essenciais para a redução das emissões, o fortalecimento da segurança energética e o cumprimento de compromissos internacionais, como o Acordo de Paris.

No Brasil, o RenovaBio, Política Nacional de Biocombustíveis instituída pela Lei nº 13.576/2017, destaca-se como um dos principais mecanismos para promover a descarbonização da matriz de transportes. O programa incentiva a produção e o uso de biocombustíveis por meio de metas de redução de emissões e da criação de um mercado de créditos de descarbonização (CBIOs), vinculados à eficiência ambiental dos combustíveis produzidos. Dessa forma, o RenovaBio alia instrumentos de mercado à sustentabilidade, promovendo ganhos ambientais, econômicos e sociais.

Além de contribuir para a mitigação das emissões, o programa estimula a diversificação da matriz energética, reduz a dependência de combustíveis fósseis e impulsiona o desenvolvimento regional, especialmente em áreas agrícolas. Sua estrutura baseia-se em metodologias reconhecidas internacionalmente, como a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), permitindo mensurar com maior precisão os impactos ambientais dos diferentes combustíveis.

Este relatório tem como objetivo analisar o funcionamento, os impactos e os desafios do RenovaBio, bem como sua inserção no contexto internacional das políticas de biocombustíveis. Para isso, são abordados aspectos regulatórios, operacionais e de mercado, incluindo a plataforma CBIO, o mapeamento das cadeias produtivas (etanol, biodiesel e biometano), os desafios de rastreabilidade e os efeitos sobre o setor de transportes.

Adicionalmente, busca-se avaliar as oportunidades de evolução e ampliação dos resultados do programa e sua contribuição para a sustentabilidade ambiental e a transição energética, considerando os avanços já alcançados, os desafios associados à evolução das cadeias produtivas e dos mercados e as oportunidades de aprimoramento contínuo de seus instrumentos.





AVALIAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS – RENOVABIO E SIMILARIDADE COM INICIATIVAS DE OUTROS PAÍSES



2. AVALIAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS – RENOVABIO E SIMILARIDADE COM INICIATIVAS DE OUTROS PAÍSES

A Política Nacional de Biocombustíveis do Brasil, o RenovaBio, foi instituída pela Lei nº 13.576/2017, com o principal objetivo de promover a expansão da produção e uso de biocombustíveis na matriz energética brasileira, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e cumprindo os compromissos do Brasil no Acordo de Paris. Proporciona a diversificação da matriz energética brasileira e consequentemente a segurança energética, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e de importações. Incentiva a eficiência energética e a sustentabilidade na produção, comercialização e uso de biocombustíveis, como etanol, biodiesel e biometano, promovendo o desenvolvimento regional com a geração de empregos e renda em áreas rurais.

A avaliação das políticas públicas globais de fomento aos biocombustíveis demonstra que as estratégias adotadas internacionalmente para mitigar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) no setor de transportes se estruturam a partir de três mecanismos regulatórios principais: a precificação do carbono por meio de impostos ou mercados de comercialização de emissões, os mandatos compulsórios de mistura e os padrões de intensidade de carbono atrelados a metas de redução de emissões. Como base metodológica comum, a maioria das nações utiliza a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para determinar a sustentabilidade de suas rotas energéticas, adotando a intensidade de carbono expressa em gramas de dióxido de carbono equivalente por unidade de energia ($\text{gCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}$) como unidade funcional padrão, em consonância com as diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas.





2.1. Avaliação de políticas públicas em outros países

América Latina

Brasil

O Brasil desenvolveu sua política de biocombustíveis ao longo de várias décadas, iniciando com o ProÁlcool em 1975, voltado à segurança energética e à redução da dependência do petróleo, com resultados expressivos na substituição de combustíveis fósseis e na redução de emissões. Em 2005, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) ampliou essa estratégia para o biodiesel, incorporando também objetivos sociais, como o fortalecimento da agricultura familiar.

Mais recentemente, o país estruturou um conjunto integrado de políticas voltadas à descarbonização e à transição energética, incluindo iniciativas como o Programa Nacional de Hidrogênio (PNH2), que considera rotas de emissão de hidrogênio de baixa emissão de carbono; o Plano Clima, que inclui ações de adaptação e mitigação para o setor de transporte; a política industrial — Nova Indústria Brasil, onde uma das metas é a aumentar em 50% a participação de biocombustíveis na matriz de transporte; o Plano Nacional de Transição Energética (Plante) que visa direcionar os esforços para uma matriz energética com baixa emissão de carbono, contribuindo para menor dependência de combustíveis fósseis; e o Programa Mobilidade Verde e Inovação (Mover), que visa reduzir as emissões de carbono em 50% até 2030, promover investimentos em eficiência energética, incluir limites mínimos de reciclagem na fabricação de veículos e cobrar menos impostos de quem polui menos. Essas políticas públicas se comunicam e se complementam, devendo ser integradas principalmente pela harmonização do escopo da análise de ciclo de vida para cálculo de emissões evitadas e créditos de carbono.

Nesse contexto, o RenovaBio consolidou-se como o principal instrumento para o setor de transportes, ao estabelecer metas compulsórias de redução de emissões para os distribuidores de combustíveis, um sistema de certificação da intensidade de carbono dos biocombustíveis e um mercado de créditos associado à eficiência ambiental da produção.

O RenovaBio, portanto, busca alcançar seus objetivos a partir de três eixos, que são responsáveis por estruturar toda a política, trazendo critérios inovadores e disposições sobre os biocombustíveis.

O primeiro eixo é baseado no estabelecimento de metas anuais de descarbonização pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), definidas em unidades de Créditos de Descarbonização (CBIOS), aplicadas a todos os distribuidores de combustíveis fósseis, que são considerados partes obrigatórias do RenovaBio. Os CBIOS devem ser comprados pelos distribuidores e aposentados (retirados em definitivo de circulação do mercado) para comprovação do cumprimento da meta que lhes foram atribuídas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

No segundo eixo, a certificação da produção de biocombustíveis, na qual os produtores e/ou importadores de biocombustíveis, voluntariamente, certificam suas produções e, com base nos resultados, recebem Notas de Eficiência Energético-Ambiental (NEEAs) diferentes para cada um. Ou seja, é calculada a intensidade de carbono do biocombustível produzido por cada produtor, através de uma análise de ciclo de vida (*Life Cycle Assessment* — LCA) do poço à roda. A nota reflete exatamente a contribuição individual do biocombustível produtor por cada produtor e/ou importador para a mitigação de uma quantidade específica de GEE em relação ao seu substituto fóssil (em termos de toneladas de CO₂eq).





No terceiro eixo, essas notas são multiplicadas pelo volume de biocombustível comercializado que atende aos critérios de elegibilidade do programa, resultando, assim, na quantidade de CBIOs que determinado produtor e/ou importador poderá emitir e negociar no mercado. O CBIO é um ativo ambiental equivalente a uma tonelada de emissões de CO₂eq evitada na atmosfera.

Por fim, a Lei do Combustível do Futuro (Lei nº 14.993/2024) integrou os programas Mover, Renovabio, Programa de Controle de Emissões Veiculares (Proconve), Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV) e criou mais 3 novos programas com focos específicos em biocombustíveis: o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação — SAF (ProBioQAV); o Programa Nacional de Diesel Verde (PDNV); e o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano.

Argentina

A Argentina tem adotado um conjunto de medidas voltadas à redução das emissões de gases de efeito estufa, com destaque para políticas fiscais, metas climáticas e incentivos ao uso de biocombustíveis. O país introduziu, em 2017, impostos sobre combustíveis fósseis e carbono, com isenção para biocombustíveis, embora esses tributos tenham sido suspensos em 2021 para conter a inflação e posteriormente retomados em 2024. No âmbito climático, a Argentina assumiu compromissos internacionais relevantes, com meta de neutralidade de carbono até 2050 e redução de emissões de cerca de 26% a 28% até 2030 em relação a 2016.

No setor de combustíveis, o país mantém políticas de mistura obrigatória de etanol e biodiesel, embora com flexibilizações recentes que permitem reduzir essas proporções em função de condições de mercado, especialmente preços de insumos. Há também iniciativas regionais, como na província de Córdoba, que buscam ampliar o uso de biocombustíveis com misturas mais elevadas e incentivo a veículos flex. No setor de aviação, a adesão ao programa internacional CORSIA indica alinhamento com esforços globais de descarbonização.

Por outro lado, a estratégia argentina apresenta limitações importantes. A política atual é concentrada em biocombustíveis tradicionais (etanol e biodiesel), sem avanços relevantes em novas rotas como biogás ou combustíveis avançados. Além disso, há lacunas em critérios de sustentabilidade, como gestão do uso da terra, água e impactos sociais. O forte controle estatal sobre preços e mandatos também reflete uma tentativa de equilibrar inflação e política energética, mas pode reduzir previsibilidade e investimentos. Em síntese, o país combina metas climáticas ambiciosas com instrumentos ainda em evolução, marcados por flexibilidade regulatória e desafios de consolidação institucional.





Colômbia

A Colômbia tem estruturado sua estratégia de redução de emissões de gases de efeito estufa com base em metas climáticas ambiciosas e políticas consolidadas para o uso de biocombustíveis. O país estabeleceu, por meio da Lei de Ação Climática (2021), o compromisso de reduzir 51% das emissões até 2030 (em relação a 2010) e alcançar a neutralidade de carbono até 2050. Para isso, utiliza instrumentos como incentivos fiscais — incluindo isenções de IVA (Imposto sobre Valor Acrescentado) e imposto sobre carbono — e políticas regulatórias que controlam preços e definem mandatos de mistura de biocombustíveis.

No setor energético, a Colômbia mantém mandatos relativamente estáveis, com mistura de etanol entre 8% e 10% na gasolina e 10% de biodiesel no diesel, embora esses percentuais possam variar conforme a disponibilidade de matéria-prima. A produção doméstica, especialmente de etanol, enfrenta limitações climáticas e econômicas, levando à necessidade de importações. Já o biodiesel depende fortemente do óleo de palma produzido localmente. Além disso, o país tem buscado expandir o uso de biodiesel para outros setores, como mineração, transporte de carga e navegação, por meio de programas piloto e misturas voluntárias mais elevadas.

Outro elemento central da política colombiana é o controle de preços por meio do Fundo de Estabilização de Combustíveis, que busca reduzir a volatilidade e proteger consumidores, especialmente em um contexto de forte dependência do transporte rodoviário. Recentemente, foram introduzidos mecanismos para alinhar preços de grandes setores industriais à paridade internacional, indicando uma transição gradual para maior liberalização.

Apesar desses avanços, há limitações importantes. As políticas de biocombustíveis são relativamente antigas e pouco diversificadas, sem foco em novas rotas tecnológicas como SAF ou diesel verde. Além disso, existem lacunas na mensuração de impactos ambientais, como emissões, uso da terra e da água, e na inclusão de pequenos produtores. Assim, a Colômbia combina metas climáticas robustas com instrumentos tradicionais e ainda enfrenta desafios para modernizar e ampliar sua estratégia de descarbonização.





Peru

O Peru apresenta uma estratégia mais limitada e menos estruturada para a redução de emissões de gases de efeito estufa no setor de biocombustíveis, apesar de possuir metas climáticas gerais. O país assumiu o compromisso de reduzir em 30% suas emissões até 2030, porém sem detalhar o papel específico dos biocombustíveis nesse processo, o que indica uma lacuna de integração entre política climática e política energética.

No campo regulatório, o Peru estabeleceu, ainda nos anos 2000, uma base legal para promover biocombustíveis, com foco na diversificação da matriz energética e no desenvolvimento agrícola. Foram definidos mandatos obrigatórios de mistura — cerca de 7,8% de etanol na gasolina e 5% de biodiesel no diesel — que permanecem estáveis há mais de uma década. No entanto, a política não evoluiu significativamente desde então, com ausência de novos investimentos, incentivos fiscais ou mecanismos adicionais de estímulo ao setor.

Do ponto de vista técnico e operacional, há limitações relevantes, como dificuldades no uso de biodiesel em regiões de maior altitude, o que restringe o aumento das misturas. Além disso, não há avanços em combustíveis mais modernos, como diesel renovável ou biocombustíveis avançados, nem políticas de pesquisa e inovação nesse campo.

Outro aspecto crítico é a ausência de critérios robustos de sustentabilidade, como regras para uso da terra, água ou monitoramento de emissões, embora existam iniciativas pontuais de certificação. Em síntese, o Peru mantém uma política básica e estável de biocombustíveis, com mandatos mínimos obrigatórios, mas sem avanços regulatórios, tecnológicos ou institucionais relevantes, o que limita sua contribuição potencial para a descarbonização e a transição energética.





Países do BRICS

Rússia

A Rússia apresenta uma atuação bastante limitada no campo dos biocombustíveis. Até pelo menos 2017, o país não possuía uma política nacional estruturada, nem mandatos obrigatórios de mistura para etanol, biodiesel ou biogás, tampouco metas formais de redução de emissões de carbono. Essa baixa prioridade decorre, em grande medida, de sua posição como um dos maiores produtores e exportadores globais de petróleo e gás, o que reduz os incentivos econômicos para a substituição por fontes renováveis. Embora exista uma associação nacional voltada ao tema, o desenvolvimento institucional e regulatório é incipiente. Ainda assim, o país destaca seu potencial agrícola — com extensas áreas disponíveis — e sinaliza interesse em atuar como fornecedor de biocombustíveis para mercados externos, especialmente a Europa, indicando uma abordagem mais voltada à oportunidade comercial do que à transição energética doméstica.





Índia

A Índia tem estruturado sua política de biocombustíveis como parte central de sua estratégia de redução de emissões, segurança energética e desenvolvimento rural, com a meta de reduzir a intensidade de carbono entre 33% e 35% até 2030 em relação a 2005. Nesse contexto, o país vem expandindo rapidamente o uso de etanol, tornando-se o terceiro maior produtor mundial e consolidando o programa de mistura obrigatória por meio do *Ethanol Blended Petrol* (EBP), com metas progressivas que incluem E10 já alcançado, E15 no curto prazo e E20 até 2025/2026. No entanto, essa trajetória enfrenta limitações estruturais importantes, sobretudo pela dependência de matérias-primas agrícolas como cana-de-açúcar, milho e melaço, o que expõe o programa a riscos climáticos, oscilações de produção e ao conflito entre uso para energia e alimentação.

Diante desses desafios, a Índia tem adotado uma estratégia de diversificação tecnológica, investindo em rotas como etanol de segunda geração, combustíveis sustentáveis de aviação (SAF) e biogás comprimido (CBG), além de incentivar fortemente o uso de resíduos agrícolas e urbanos como insumos energéticos. Programas como o *J1-VAN*, o *SATAT* e o *GOBARdhan* exemplificam essa abordagem, promovendo simultaneamente a geração de energia renovável, a gestão de resíduos e o desenvolvimento econômico em áreas rurais. O biogás, em particular, destaca-se como um dos pilares mais inovadores da política indiana, ao integrar objetivos ambientais, sociais e econômicos dentro de uma lógica de economia circular.

Por outro lado, o biodiesel ainda apresenta baixa penetração, com níveis de mistura muito aquém das metas estabelecidas, refletindo dificuldades na estruturação da cadeia produtiva e na disponibilidade de matérias-primas competitivas. Já no segmento de aviação, a Índia começa a se posicionar estrategicamente com metas iniciais de uso de SAF e participação futura em mecanismos internacionais como o CORSIA. No plano internacional, o país também busca protagonismo ao liderar iniciativas como a *Global Biofuels Alliance*, reforçando sua ambição de influenciar o desenvolvimento global do setor.

De forma geral, a política indiana se caracteriza por uma forte integração entre energia e agricultura, com instrumentos como preços mínimos, subsídios e crédito rural, além do incentivo ao uso de terras marginais para produção de biomassa. Apesar dos avanços, persistem desafios relevantes, como a vulnerabilidade climática, a pressão sobre recursos hídricos e o equilíbrio entre segurança alimentar e energética. Ainda assim, o modelo indiano oferece importantes lições, especialmente no que se refere à diversificação de rotas tecnológicas, ao aproveitamento de resíduos e à articulação entre políticas públicas para promover uma transição energética inclusiva e sustentável.





China

A política chinesa está inserida em metas climáticas amplas, como a redução de mais de 65% da intensidade de carbono do PIB até 2030 e o aumento da participação de energias não fósseis para 25%. No entanto, diferentemente de outros países, os biocombustíveis não ocupam posição central nessa transição, sendo tratados mais como instrumento complementar.

No caso do etanol, o programa chinês tem uma característica marcante: sua função principal é a gestão de excedentes agrícolas, especialmente de milho, e não necessariamente a descarbonização ou o desenvolvimento rural. Embora tenha sido anunciado um mandato nacional de mistura E10, sua implementação tem sido inconsistente, limitada a algumas regiões e fortemente influenciada por fatores como preço do milho, prioridades políticas e capacidade de fiscalização. Isso revela uma fragilidade institucional importante, na medida em que metas existem, mas sua execução é desigual.

Situação semelhante ocorre com o biodiesel e o diesel renovável (HDRD), que apresentam crescimento pontual, mas ainda carecem de um mercado doméstico estruturado. Em ambos os casos, observa-se ausência de uma política robusta de longo prazo voltada à expansão consistente desses combustíveis.

Por outro lado, a China tem demonstrado forte dinamismo em segmentos mais avançados, especialmente no desenvolvimento de combustíveis sustentáveis de aviação (SAF). Inserido no 14º Plano Quinquenal para a Bioeconomia, o país tem direcionado investimentos significativos — superiores a US\$ 1 bilhão — para a construção de plantas que utilizam matérias-primas como óleos de cozinha usados. Há iniciativas piloto em grandes aeroportos, como Pequim e Xangai, com misturas iniciais entre 2% e 5%, e uma clara estratégia de expansão da capacidade produtiva, com foco inclusive no mercado de exportação.

Esse padrão revela um traço típico da abordagem chinesa: priorização de setores considerados estratégicos para competitividade global e inovação tecnológica, mesmo que outros segmentos permaneçam menos desenvolvidos internamente. Além disso, o país tem forte orientação para soluções de larga escala e integração industrial, com grande participação de empresas estatais e planejamento centralizado.

Outro ponto relevante é que a China tem priorizado fortemente a eletrificação do transporte, com ênfase em veículos elétricos e energias renováveis, como solar e eólica, como principal caminho para a descarbonização e melhoria da qualidade do ar urbano. Isso reduz o papel relativo dos biocombustíveis na matriz energética, especialmente no transporte leve.





África do Sul

A experiência da África do Sul no desenvolvimento de sua política de biocombustíveis revela um modelo com forte ênfase social e territorial, ainda que com menor sofisticação ambiental e menor escala quando comparado a países como Brasil ou mesmo Índia. Desde a formulação da sua Estratégia Industrial de Biocombustíveis, entre 2006 e 2007, observa-se um processo institucional relativamente robusto e participativo, envolvendo consultas públicas amplas com diferentes atores — governo, setor produtivo, agricultores e sociedade civil. Esse aspecto confere legitimidade à política, embora sua implementação prática tenha avançado de forma mais lenta e limitada.

A estratégia sul-africana estabeleceu metas modestas de mistura — B2 para biodiesel e E8 para etanol — o que já indica uma abordagem cautelosa, possivelmente associada a restrições estruturais, como disponibilidade de matéria-prima, capacidade industrial e preocupações com segurança alimentar. Nesse sentido, um dos elementos mais marcantes da política é justamente a decisão de excluir culturas alimentares básicas, como o milho, da produção de etanol. Essa diretriz busca evitar pressões sobre preços de alimentos, mas, ao mesmo tempo, limita o potencial de escala do programa, especialmente em um país com menor diversidade agrícola que o Brasil.

Por outro lado, a política apresenta um enfoque bastante claro no uso de culturas adaptadas às condições locais, como o sorgo, que possui maior resistência à seca e se adequa melhor ao clima sul-africano. Esse direcionamento revela uma preocupação relevante com a sustentabilidade agrícola e com a adaptação às mudanças climáticas, ainda que dentro de um escopo mais restrito. Além disso, há incentivo ao uso de terras subutilizadas, o que pode contribuir para expansão produtiva sem pressionar áreas ambientalmente sensíveis.

Diferentemente de outros países analisados, a África do Sul não estabelece metas quantitativas claras de redução de emissões de gases de efeito estufa associadas aos biocombustíveis. Isso indica que, embora a agenda climática esteja presente, ela não é o principal vetor da política. Na prática, os biocombustíveis são tratados mais como instrumento de desenvolvimento econômico e social do que como ferramenta central de descarbonização. A geração de empregos rurais, especialmente em regiões desfavorecidas, e a redução da dependência de importações de petróleo aparecem como objetivos prioritários.

Esse desenho resulta em uma política que, embora coerente em termos sociais e agrícolas, carece de mecanismos mais robustos de incentivo econômico, previsibilidade regulatória e integração com metas climáticas mais amplas. A ausência de instrumentos como mercados de carbono, metas obrigatórias mais ambiciosas ou subsídios estruturados limita o dinamismo do setor e a atração de investimentos.

A experiência sul-africana oferece lições complementares para o Brasil, particularmente no campo da inclusão social e da sustentabilidade territorial. Um dos principais aprendizados está na valorização de culturas adaptadas a condições climáticas adversas — um ponto especialmente relevante para regiões brasileiras como o semiárido, onde a expansão de biocombustíveis pode ser conciliada com segurança hídrica. O estímulo ao uso de terras subutilizadas é outro aspecto que o Brasil já pratica, mas pode aprofundar, contribuindo para expansão da produção sem avanço sobre áreas de vegetação nativa. Diferentemente da África do Sul, que enfrenta restrições severas de terra arável, o Brasil possui margem para crescimento em áreas já degradadas — o que reduz o risco de conflito com segurança alimentar.





A preocupação com segurança alimentar é um alerta que a África do Sul oferece com base em sua própria vulnerabilidade estrutural. O Brasil, por sua vez, possui vantagens comparativas que mitigam esse risco: maior disponibilidade de terras, diversificação de culturas alimentares e tecnologia agrícola mais madura. Contudo, a experiência sul-africana reforça a importância de monitorar continuamente os impactos indiretos da expansão dos biocombustíveis — não como ameaça iminente, mas como vigilância estratégica em um cenário de crescimento acelerado.

O modelo sul-africano destaca a relevância de políticas públicas com forte componente social, voltadas à geração de emprego e renda no meio rural. O Brasil já possui instrumentos mais sofisticados nessa área (programas de inclusão de pequenos produtores, cooperativas, políticas de desenvolvimento territorial), mas a experiência sul-africana oferece um alerta: a sofisticação regulatória e a eficiência econômica não garantem distribuição equitativa de benefícios. A lição é aprofundar a inclusão social — garantindo que a expansão dos biocombustíveis não apenas gere renda, mas a distribua de forma equilibrada entre regiões e grupos sociais.

Em síntese, a África do Sul não oferece um modelo de escala ou sofisticação regulatória a ser replicado — suas restrições estruturais (terra limitada, pobreza rural, vulnerabilidade climática) diferem fundamentalmente das brasileiras. Contudo, oferece um espelho estratégico: um exemplo de como a expansão de biocombustíveis pode ser conciliada com inclusão social e cautela ambiental, mesmo em contextos adversos. Para o Brasil, a lição é que eficiência econômica e sofisticação regulatória (já consolidadas) devem ser complementadas por ambição social — garantindo que a transição energética seja não apenas tecnicamente viável e economicamente competitiva, mas também socialmente equilibrada e territorialmente inclusiva.





Ásia

Malásia

A Malásia apresenta uma política de biocombustíveis fortemente estruturada em torno de uma vantagem comparativa específica: a produção de óleo de palma. Diferentemente de países com maior diversificação de matérias-primas, como o Brasil, a estratégia malaia é altamente concentrada no biodiesel, o que confere ao programa coerência econômica, mas também o torna mais dependente de variáveis de mercado, como o preço internacional do óleo de palma.

Desde a introdução do mandato B5 em 2006, a política evoluiu de forma gradual e escalonada, passando por B7 e B10 até atingir cobertura nacional. Essa trajetória revela um elemento importante: a expansão dos mandatos foi feita de maneira progressiva, acompanhando a capacidade industrial e as condições de mercado. No entanto, a tentativa de avançar para o B20 encontrou limitações concretas — como altos preços da matéria-prima, impactos da pandemia e gargalos na infraestrutura de mistura — demonstrando que políticas baseadas em commodities agrícolas estão fortemente sujeitas à volatilidade.

Outro ponto relevante é que, na Malásia, o biodiesel não é apenas uma política energética, mas também uma estratégia industrial e agrícola, voltada à valorização da cadeia do óleo de palma, que é central para a economia do país. Isso cria um alinhamento entre política energética e interesses econômicos domésticos, algo que contribui para a estabilidade institucional do programa.

Em contraste, o etanol possui papel praticamente marginal. A ausência de escala produtiva, os altos custos e a competição com a produção de açúcar inviabilizam economicamente o desenvolvimento de um mandato robusto, limitando a diversificação da matriz de biocombustíveis. Isso evidencia um modelo menos flexível que o brasileiro, que se apoia em múltiplas rotas tecnológicas.

A Malásia também apresenta avanços importantes em agendas complementares. A criação de um mercado voluntário de carbono em 2022 insere o país em uma lógica mais ampla de precificação de emissões, ainda que de forma não obrigatória. Além disso, políticas de incentivo a veículos elétricos — como isenções fiscais — indicam uma abordagem paralela de descarbonização, que pode competir diretamente com o uso de biocombustíveis no transporte.

No campo dos biocombustíveis avançados, destaca-se o crescimento do biogás, especialmente a partir de resíduos da indústria de óleo de palma, e o desenvolvimento de combustíveis sustentáveis de aviação (SAF). A atuação da Petronas é central nesse processo, com investimentos em novas refinarias e uso de matérias-primas residuais, como óleo de cozinha usado e efluentes industriais. Embora ainda não exista um mandato formal para SAF, o alinhamento com iniciativas internacionais, como o CORSIA, demonstra uma orientação estratégica voltada à inserção global.

Apesar desses avanços, persistem desafios estruturais, como a necessidade de investimentos em infraestrutura, maior aceitação por parte de produtores rurais e ampliação da escala tecnológica, especialmente no caso do biogás. Ainda assim, o modelo malaio se destaca pela integração entre diferentes rotas (biodiesel, biogás e SAF), ainda que com níveis distintos de maturidade.

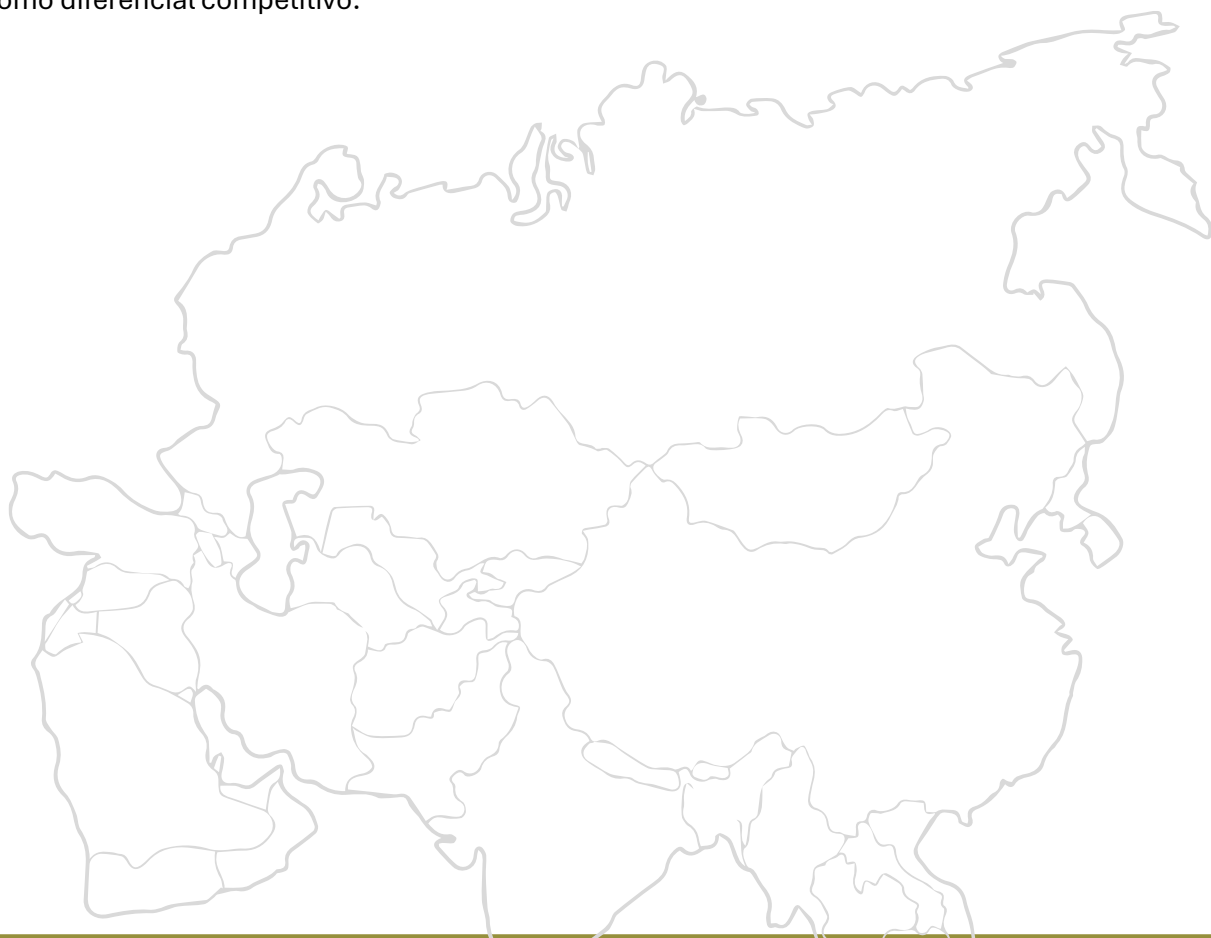




A experiência da Malásia oferece lições limitadas e contextualizadas para o Brasil. Embora o país tenha desenvolvido mandatos progressivos de biodiesel, as condições climáticas, infraestrutura de armazenamento e frota veicular malaia diferem significativamente das brasileiras — o que torna a transferência direta de teores de mistura tecnicamente inadequada sem validação própria. A valorização de resíduos industriais em biogás e SAF é um ponto de interesse, mas não representa inovação exclusiva: o Brasil já avança nessas frentes com tecnologia mais madura. O principal alerta da experiência malaia é a vulnerabilidade estrutural causada pela especialização em uma única matéria-prima, que limita a resiliência em contextos de volatilidade de preços e mudanças regulatórias globais.

A integração com mercados de carbono é um mecanismo que a Malásia explora, mas que o Brasil já incorpora de forma mais sofisticada via RenovaBio e mercados voluntários. A diferença fundamental é que a Malásia construiu sua política em torno de uma cadeia produtiva concentrada, enquanto o Brasil possui portfólio diversificado (etanol, biodiesel, SAF, biogás) que reduz riscos de dependência. Isso não significa que o modelo malaio seja inferior — apenas que é inadequado como referência direta para o Brasil.

Em síntese, a Malásia oferece um exemplo de especialização eficiente em seu contexto específico, mas não um modelo transferível automaticamente para outro país. Para o contexto brasileiro, por exemplo, as lições aplicáveis são seletivas e negativas: evitar concentração excessiva em uma matéria-prima, garantir que mandatos acompanhem capacidade produtiva real, e validar tecnicamente qualquer transferência tecnológica (como teores de mistura) antes de implementação. O Brasil já possui vantagens comparativas que a Malásia não tem — diversificação, tecnologia madura, infraestrutura estabelecida — e deve usá-las como diferencial competitivo.





Indonésia

A Indonésia apresenta hoje um dos programas de biocombustíveis mais robustos do mundo em termos de escala e intervenção estatal, especialmente no segmento de biodiesel. Diferentemente de outros países que tratam os biocombustíveis como instrumento complementar, a estratégia indonésia os posiciona como um dos pilares centrais tanto da política energética quanto da agenda climática e de desenvolvimento econômico.

O ponto de partida dessa política está nas metas climáticas estabelecidas na sua NDC, que combinam ambição relativamente elevada com forte dependência de apoio internacional. Para viabilizar essas metas, o país adotou instrumentos econômicos mais diretos, como a Lei nº 7/2021, que introduz mecanismos de precificação de carbono — incluindo imposto sobre carbono e sistemas de comércio de emissões. Esse arcabouço cria um ambiente mais estruturado para internalizar o custo das emissões, algo ainda incipiente em muitos países emergentes.

No entanto, o elemento mais distintivo do modelo indonésio é o uso intensivo de mandatos obrigatórios de mistura de biodiesel. Com a implementação do B35 em 2024 — e testes em andamento para o B40 — a Indonésia alcançou um dos maiores níveis de mistura do mundo. Esse avanço não ocorreu de forma espontânea, mas sim sustentado por um mecanismo financeiro específico: um fundo alimentado por uma taxa sobre as exportações de óleo de palma bruto. Esse instrumento permite subsidiar a diferença de custo entre o biodiesel e o diesel fóssil, garantindo a viabilidade econômica do programa mesmo em cenários de volatilidade de preços.

Esse modelo revela uma forte integração entre política energética, política agrícola e estratégia comercial. Assim como na Malásia, o óleo de palma é o eixo central, mas na Indonésia essa dependência é acompanhada de um aparato regulatório e financeiro mais sofisticado, capaz de sustentar níveis elevados de mistura. Ao mesmo tempo, há uma preocupação crescente com a sustentabilidade dessa cadeia, evidenciada pela adoção de avaliações de ciclo de vida, certificações voluntárias e práticas voltadas à redução de impactos ambientais, como o desmatamento sem queima e o uso de áreas não florestais.

O etanol, por sua vez, ocupa um papel secundário, com mandato inicial de E5 e metas de expansão gradual até E20 em 2050. A produção baseada em melaço de cana indica limitações estruturais de escala, semelhantes às observadas em outros países asiáticos, o que reduz a diversificação da matriz de biocombustíveis.

Um aspecto particularmente relevante é a inclusão de combustíveis sustentáveis de aviação (SAF) na política pública. A Indonésia já estabeleceu um mandato de mistura — ainda que modesto — e metas de expansão até 2050, o que a coloca entre os poucos países com diretrizes explícitas para o setor. No entanto, diferentemente do biodiesel, o desenvolvimento do SAF ainda enfrenta barreiras econômicas importantes, especialmente pela ausência de incentivos financeiros que reduzam o diferencial de custo em relação ao querosene fóssil.





Além disso, o país tem avançado no desenvolvimento do biogás, principalmente em áreas rurais, utilizando resíduos agrícolas e pecuários. Esse movimento está alinhado com objetivos de inclusão energética e desenvolvimento regional, embora ainda não tenha o mesmo nível de institucionalização dos mandatos de biodiesel.

Do ponto de vista crítico, o modelo indonésio apresenta tanto virtudes quanto riscos. Por um lado, demonstra que é possível alcançar rápida expansão de biocombustíveis por meio de forte intervenção estatal, instrumentos financeiros dedicados e integração com cadeias produtivas estratégicas. Por outro, a elevada dependência do óleo de palma levanta preocupações ambientais relevantes, especialmente associadas ao uso da terra e ao desmatamento, o que pode comprometer parte dos benefícios climáticos do programa se não houver controle rigoroso.

A experiência da Indonésia oferece referências relevantes quanto à utilização de instrumentos econômicos complementares para apoiar a expansão da produção de biocombustíveis. No caso brasileiro, tais experiências podem contribuir para a avaliação de instrumentos adicionais de financiamento e fomento à expansão da capacidade produtiva, preservando a arquitetura do RenovaBio, que combina metas compulsórias de descarbonização com a certificação da eficiência energético-ambiental e a utilização dos CBIOS como instrumento de comprovação do cumprimento dessas metas. Outro ponto relevante é a capacidade de implementar mandatos elevados de mistura de forma efetiva, algo que exige coordenação institucional, previsibilidade regulatória e infraestrutura adequada. No entanto, a realidade em cada país precisa ser levada em conta quando da definição de mandatos de mistura. A adoção do B50 na Indonésia não pode ser utilizada, por exemplo, como evidência de que o Brasil poderia ampliar imediatamente o teor de biodiesel sem avaliação técnica própria. Além das diferenças relevantes quanto às matérias-primas, às condições climáticas e à logística de abastecimento, os testes que subsidiaram a adoção do B50 naquele país concentraram-se no acompanhamento de veículos em circulação.

A Indonésia também oferece um exemplo importante na incorporação de critérios de sustentabilidade ao longo da cadeia produtiva, incluindo certificações e avaliações de ciclo de vida. Esse aspecto é cada vez mais relevante para acesso a mercados internacionais e para a credibilidade ambiental dos biocombustíveis.

Por fim, a inclusão precoce do SAF na agenda regulatória é um diferencial importante, sinalizando uma visão de longo prazo alinhada com as tendências globais da descarbonização do setor aéreo.

Em síntese, o modelo indonésio demonstra que a expansão acelerada dos biocombustíveis é viável mesmo sem vantagens comparativas naturais, desde que apoiada por mandatos regulatórios firmes e instrumentos econômicos coordenados. Para o Brasil, as lições aplicáveis são seletivas: enquanto a Indonésia precisou criar demanda via B50 obrigatório, o Brasil já possui mercados estabelecidos e pode avançar por sofisticação — ampliando a ambição do RenovaBio, diversificando matérias-primas e acelerando SAF. Contudo, a experiência indonésia também oferece um alerta crítico: a expansão acelerada sem salvaguardas ambientais rigorosas compromete a credibilidade internacional dos biocombustíveis. O Brasil tem a oportunidade de evitar esse risco, mantendo sustentabilidade ambiental não como restrição, mas como vantagem competitiva em mercados cada vez mais exigentes.





Tailândia

A Tailândia apresenta um modelo de política de biocombustíveis que combina ambição inicial, forte intervenção estatal e, mais recentemente, um processo de ajuste estratégico diante da transição para eletrificação. O país se destaca no Sudeste Asiático pela relevância do seu mercado de etanol e biodiesel, mas sua trajetória recente revela uma mudança de prioridade que traz implicações importantes para o papel dos biocombustíveis no longo prazo.

Inicialmente, a política tailandesa foi estruturada com foco na expansão consistente do consumo de biocombustíveis, apoiada por metas claras, subsídios e incentivos fiscais tanto para produtores quanto para consumidores. O etanol, em particular, teve um desenvolvimento robusto, baseado em uma diversificação de matérias-primas — como cana-de-açúcar, mandioca e resíduos agrícolas — o que confere maior resiliência ao setor. A promoção do chamado “gasohol”, com misturas elevadas como E20 e E85, mostra uma abordagem orientada à demanda, utilizando diferenciação de preços e incentivos tributários para estimular o consumo. A decisão recente de eliminar subsídios ao E10 e priorizar o E20 reforça essa estratégia de concentração em misturas mais eficientes.

No caso do biodiesel, a trajetória é mais instável. Embora o país tenha adotado inicialmente o B10 como padrão, a dependência do óleo de palma e a volatilidade dos preços levaram a uma revisão da política. A redução da mistura obrigatória para B7 em 2024 evidencia uma preocupação com o impacto dos biocombustíveis sobre o preço final do diesel e, conseqüentemente, sobre a inflação e a economia. Esse movimento revela uma característica importante da política tailandesa: a flexibilidade regulatória para ajustar mandatos em função de condições de mercado, ainda que isso reduza a previsibilidade para investidores.

Um dos aspectos mais relevantes do caso da Tailândia é a clara mudança de estratégica em direção à eletrificação do transporte e ao investimento em sistemas ferroviários. A revisão para baixo das metas de consumo de biocombustíveis até 2037 sinaliza que o país passou a ver os biocombustíveis não mais como solução central, mas como parte de um portfólio mais amplo de descarbonização. Essa coexistência — e, em certa medida, competição — entre biocombustíveis e veículos elétricos é um elemento chave para entender o futuro do setor.

Ainda assim, a Tailândia mantém avanços importantes, especialmente na incorporação de combustíveis sustentáveis de aviação (SAF). O estabelecimento de um mandato progressivo, começando em 1% em 2026 e chegando a 8% até 2036, demonstra planejamento de longo prazo e alinhamento com compromissos internacionais, como o CORSIA. A escolha de óleo de cozinha usado como principal matéria-prima também indica uma preocupação crescente com sustentabilidade e economia circular.

Do ponto de vista crítico, o modelo tailandês evidencia tanto virtudes quanto limitações. Por um lado, destaca-se pela diversificação de matérias-primas, pelo uso de instrumentos econômicos para estimular a demanda e pela capacidade de adaptação das políticas. Por outro, a redução de metas e a instabilidade nos mandatos de biodiesel podem comprometer a confiança de longo prazo do setor produtivo.





A experiência tailandesa oferece lições importantes, sobretudo como alerta sobre incerteza regulatória. A Tailândia construiu uma estratégia inicial bem-sucedida de expansão de biocombustíveis, apoiada em políticas de demanda (diferenciação de preços, incentivos ao consumidor) e diversificação de matérias-primas, incluindo resíduos agrícolas. Contudo, a mudança abrupta de prioridades — com reorientação para eletrificação e eficiência energética — reduziu o papel dos biocombustíveis na agenda regulatória, gerando incerteza sobre o compromisso de longo prazo com o setor. Esse tipo de oscilação regulatória desestimula investimento privado e compromete a credibilidade das políticas públicas.

Diferentemente da Tailândia, o Brasil possui vantagens estruturais que reduzem esse risco: (1) tecnologia madura e consolidada em biocombustíveis, com décadas de experiência; (2) diversificação de matérias-primas e produtos (etanol, biodiesel, SAF, biogás), que não depende de uma única estratégia energética; (3) institucionalidade mais robusta, com marcos regulatórios de longo prazo (RenovaBio, mandatos de mistura) que transcendem ciclos políticos. Além disso, o Brasil integra biocombustíveis a uma estratégia energética mais ampla — não como alternativa exclusiva, mas como complemento a outras tecnologias — o que reduz a vulnerabilidade a mudanças de prioridades.

Em síntese, a Tailândia oferece um alerta crítico: a expansão de biocombustíveis sem ancoragem institucional de longo prazo é vulnerável a mudanças de prioridades políticas e tecnológicas. Para o Brasil, a principal lição é manter foco e credibilidade regulatória — garantindo que os biocombustíveis permaneçam como pilar estratégico da transição energética, mesmo com a emergência de novas tecnologias. Isso significa: (1) consolidar marcos regulatórios que transcendam ciclos políticos; (2) comunicar claramente o papel dos biocombustíveis em um cenário energético diversificado; (3) evitar oscilações que sinalizem incerteza ao mercado.





Japão

A experiência do Japão no setor de biocombustíveis revela um modelo bastante distinto de países como Brasil ou Estados Unidos, sendo caracterizado por forte dependência externa, foco em eficiência ambiental e integração com tecnologias avançadas. Essa abordagem oferece lições relevantes, mas também limitações importantes.

Do ponto de vista climático, o Japão apresenta metas ambiciosas — redução de 46% das emissões até 2030 (base 2013) e neutralidade de carbono até 2050 — o que posiciona os biocombustíveis como um instrumento complementar dentro de uma estratégia mais ampla de descarbonização. Nesse contexto, o país prioriza segurança energética e sustentabilidade, mas sem apostar exclusivamente na produção doméstica de biocombustíveis.

Um dos principais traços do modelo japonês é o uso do ETBE (derivado de bioetanol) como alternativa ao etanol anidro diretamente misturado à gasolina. Isso permite contornar limitações logísticas e técnicas da infraestrutura existente. A meta de adoção do E10 até 2030 indica avanço gradual, mas o volume total permanece relativamente modesto (500 milhões de litros equivalentes de petróleo por ano), sendo amplamente atendido por importações. Ou seja, diferentemente do Brasil, o Japão estruturou um mercado de biocombustíveis baseado em cadeias globais de suprimento.

No caso do biodiesel, o país apresenta uma estratégia ainda mais limitada. A ausência de mandato nacional e a dependência de matérias-primas escassas dificultam a expansão. Projetos locais, como o de Kyoto com óleo de cozinha usado, são relevantes do ponto de vista ambiental e social, mas têm baixa escala. A coexistência de exportação e importação de biodiesel reflete um mercado fragmentado e pouco estratégico.

Por outro lado, o Japão se destaca de forma significativa no desenvolvimento de combustíveis sustentáveis de aviação (SAF). A política para o setor aéreo é mais estruturada e alinhada a compromissos internacionais, como o CORSIA, da Organização da Aviação Civil Internacional. A meta de mistura de 10% de SAF até 2030, com redução mínima de 50% nas emissões ao longo do ciclo de vida, demonstra um direcionamento claro para setores de difícil descarbonização.

Além disso, o Japão aposta fortemente em inovação tecnológica, especialmente na produção de SAF a partir de etanol e outras rotas avançadas. A expectativa de consumo de até 1 bilhão de litros de etanol para SAF até 2028 indica que o país pode se tornar um importante polo de demanda por biocombustíveis avançados, mesmo sem grande produção agrícola interna.

Do ponto de vista analítico, o modelo japonês apresenta três características centrais: a dependência de importações: o país prioriza garantir oferta via mercado internacional, em vez de expandir produção doméstica; o foco em setores específicos: maior ênfase em aviação (SAF) do que em transporte rodoviário; e a integração com tecnologia e inovação: desenvolvimento de rotas avançadas e combustíveis de baixo carbono com alto valor agregado.

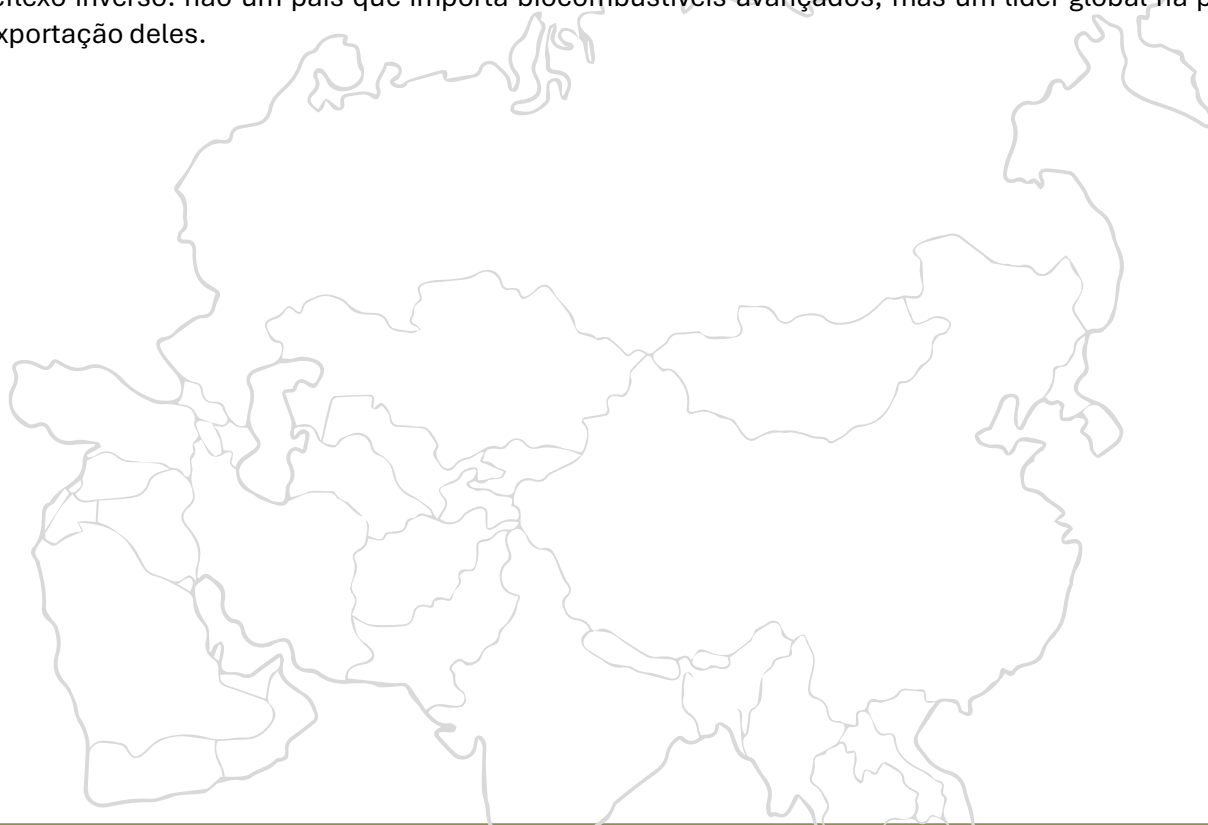




Para o Brasil, a experiência japonesa oferece lições sobre oportunidades estratégicas em biocombustíveis avançados. O Japão, apesar de limitações estruturais severas (escassez de terra arável, dependência de importações energéticas), identificou nichos de alto valor agregado — especialmente SAF e rotas tecnológicas avançadas — como forma de integrar-se a cadeias globais de biocombustíveis. Essa estratégia de especialização em segmentos de complexidade elevada é viável para o Japão porque o país possui tecnologia madura, mercado sofisticado e capacidade de investimento. Contudo, o modelo japonês é fundamentalmente importador e dependente — o Japão precisa adquirir biocombustíveis no mercado internacional.

Diferentemente do Japão, o Brasil não precisa importar — o Brasil produz em larga escala e possui vantagens comparativas que o Japão não tem: terra abundante, tecnologia agrícola madura, infraestrutura de produção consolidada e políticas de longo prazo (RenovaBio). Isso significa que o Brasil pode explorar os mesmos nichos de valor agregado que o Japão persegue (SAF, rotas avançadas), mas com uma diferença crítica: o Brasil pode ser produtor e exportador, não importador. Enquanto o Japão busca segurança energética via importações, o Brasil pode buscar liderança estratégica via inovação e exportação.

Em síntese, o Japão demonstra que biocombustíveis avançados (especialmente SAF) representam uma fronteira de valor agregado viável mesmo em contextos de limitações estruturais. Para o Brasil, a lição é inverter a perspectiva: em vez de aprender como o Japão importa biocombustíveis avançados, o Brasil deve aprender como inovar e exportar esses produtos. A direção estratégica é clara: (1) acelerar o desenvolvimento de SAF, posicionando o Brasil como fornecedor global; (2) investir em rotas tecnológicas avançadas que agreguem valor além do transporte terrestre; (3) integrar-se a cadeias globais de aviação e setores de alta complexidade de descarbonização, não como importador, mas como líder tecnológico, produtor e exportador. O Japão oferece um espelho de oportunidade, e o Brasil tem a capacidade de ser o reflexo inverso: não um país que importa biocombustíveis avançados, mas um líder global na produção e exportação deles.





América do Norte

Canadá

A experiência do Canadá no desenvolvimento de biocombustíveis é marcada por uma abordagem sistêmica e orientada por instrumentos econômicos, especialmente a precificação de carbono e a regulação por intensidade de emissões. Trata-se de um modelo bastante estruturado, com forte coordenação federativa e integração entre políticas climáticas, energéticas e agrícolas.

Um dos pilares centrais da estratégia canadense é a precificação de carbono, que estabelece um sinal econômico claro para a descarbonização. Ao elevar progressivamente o custo das emissões — de US\$ 20/tCO₂e em 2019 para US\$ 80/tCO₂e em 2024 — o governo cria incentivos diretos para a substituição de combustíveis fósseis por alternativas de menor intensidade de carbono, incluindo os biocombustíveis. Esse mecanismo é amplamente considerado eficiente porque permite que o próprio mercado determine as soluções mais custo-efetivas para reduzir emissões.

No campo regulatório, destacam-se as *Clean Fuel Regulations* (CFR), que introduzem limites obrigatórios de intensidade de carbono para combustíveis líquidos. Diferentemente de políticas puramente volumétricas, como mandatos de mistura fixa, o modelo canadense foca no desempenho ambiental do combustível ao longo de todo o seu ciclo de vida. Isso cria um ambiente mais flexível e tecnologicamente neutro, incentivando não apenas biocombustíveis convencionais, mas também rotas avançadas e alternativas de baixo carbono.

Além disso, o Canadá combina essa abordagem com requisitos mínimos de conteúdo renovável (5% na gasolina e até 4% no diesel), garantindo uma base de demanda. Esse “duplo mecanismo” — intensidade de carbono + mandato volumétrico — é particularmente relevante, pois equilibra previsibilidade de mercado com eficiência ambiental.

Outro ponto forte é o incentivo à inovação e à diversificação de matérias-primas. O país investe fortemente em biocombustíveis de segunda geração, utilizando resíduos agrícolas, biomassa florestal e culturas energéticas cultivadas em terras marginais, como *switchgrass* e *miscanthus*. A integração com o setor florestal é especialmente estratégica, dado o grande volume de madeira subutilizada. Programas como o BioFuelNet e iniciativas como a *BioMass Canada* (BMC) demonstram um esforço consistente para transformar resíduos em ativos econômicos, promovendo economia circular.

Do ponto de vista ambiental, o Canadá também se destaca pela adoção de critérios rigorosos de sustentabilidade. Há restrições claras quanto ao uso da terra, proteção da biodiversidade e rastreabilidade das matérias-primas, incluindo limitações à conversão de áreas naturais após 2008. Esse conjunto de regras busca mitigar impactos indiretos, ainda que o país não incorpore formalmente o ILUC (mudança indireta do uso da terra) na contabilização de emissões.

No setor de aviação, embora ainda não exista um mandato formal para combustíveis sustentáveis, iniciativas como a política *Flying Green* indicam um movimento em direção ao desenvolvimento do mercado de SAF, com foco em incentivos financeiros e construção de oferta antes da imposição de obrigações.





Analiticamente, o modelo canadense pode ser caracterizado pelo uso intensivo de instrumentos econômicos (precificação de carbono e créditos); regulação baseada em desempenho ambiental (intensidade de carbono); forte incentivo à inovação e à economia circular; integração entre políticas federais e provinciais; e critérios robustos de sustentabilidade ambiental.

A experiência canadense oferece lições sobre sofisticação de instrumentos de política pública. O Canadá construiu um modelo orientado por métricas de intensidade de carbono integradas à precificação de carbono, criando sinais econômicos consistentes para o mercado de biocombustíveis. Esse tipo de sofisticação institucional é viável porque o Canadá possui capacidade técnica e administrativa para implementar sistemas complexos de monitoramento e precificação. Adicionalmente, o Canadá valoriza resíduos e biomassa de segunda geração como vetores estratégicos de expansão. Contudo, o modelo canadense também apresenta limitações: mandatos menos robustos para setores como aviação e biogás, e complexidade regulatória que pode retardar implementação em contextos de coordenação federativa frágil.

Em síntese, a experiência canadense demonstra a importância da utilização de instrumentos sofisticados e da articulação entre diferentes mecanismos de descarbonização. O Brasil já possui instrumentos comparáveis e, em diversas dimensões, mais abrangentes que os adotados no Canadá. O RenovaBio incorpora a intensidade de carbono como elemento central de avaliação do desempenho energético-ambiental dos biocombustíveis, com base em metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida, ao mesmo tempo em que o país dispõe de mandatos de mistura e de políticas complementares de promoção da produção, da inovação e do investimento em biocombustíveis.

A experiência canadense oferece, portanto, referências para o aprimoramento contínuo e para a articulação entre instrumentos que o Brasil já possui. Nesse contexto, o Brasil parte de condições estruturais particularmente favoráveis: produção agrícola em larga escala, elevada diversidade de matérias-primas e resíduos passíveis de aproveitamento energético, cadeias agroindustriais consolidadas, experiência acumulada na produção e no uso de etanol e biodiesel, capacidade tecnológica instalada e um mercado doméstico de combustíveis de grande dimensão.

Essas vantagens estruturais permitem ao país continuar avançando muito além da expansão dos biocombustíveis convencionais, mas também no desenvolvimento de novas rotas já identificadas pela Lei nº 14.993/2024 (Lei do Combustível do Futuro), como biometano, combustíveis de segunda geração e SAF, reduzindo a dependência de uma única cadeia produtiva e aumentando a resiliência da oferta.

Como oportunidade de aprimoramento, a experiência canadense reforça a conveniência de ampliar a articulação entre os instrumentos já existentes no Brasil, especialmente no estímulo à inovação, no aproveitamento de resíduos e biomassas de segunda geração, no desenvolvimento de novas rotas tecnológicas e na integração entre políticas de financiamento, produção e descarbonização. Também há espaço para aprofundar a utilização de dados primários e a rastreabilidade ao longo das cadeias produtivas, de modo a permitir que os ganhos efetivos de eficiência energético-ambiental sejam reconhecidos de forma cada vez mais precisa no âmbito do RenovaBio.

Assim, a principal oportunidade não está em reproduzir o modelo canadense ou alterar os fundamentos do RenovaBio, mas em aproveitar a sofisticação dos instrumentos e as vantagens estruturais já existentes no Brasil para ampliar a articulação entre políticas, acelerar a inovação e potencializar os resultados da descarbonização.





Estados Unidos

A análise das políticas de biocombustíveis nos Estados Unidos deve considerar a existência de um arcabouço regulatório relativamente consolidado e resiliente, que não depende exclusivamente da agenda climática federal ou de compromissos internacionais. Historicamente, o país estruturou sua política de biocombustíveis com base em múltiplos objetivos, incluindo segurança energética, apoio ao setor agrícola e desenvolvimento industrial, o que confere maior estabilidade ao setor mesmo diante de mudanças de orientação política.

O principal instrumento federal é o *Renewable Fuel Standard (RFS)*, que estabelece volumes obrigatórios de mistura de combustíveis renováveis ao combustível fóssil. Esse programa permaneceu em vigor ao longo dos anos, inclusive durante períodos de menor prioridade à agenda climática, ainda que com ajustes nos volumes e concessão de isenções a determinados agentes econômicos. Tal continuidade evidencia a relevância econômica e estratégica dos biocombustíveis no contexto norte-americano.

Adicionalmente, destaca-se a forte atuação subnacional, com estados implementando políticas próprias de descarbonização, como padrões de intensidade de carbono para combustíveis. Essas iniciativas operam de forma complementar à política federal e contribuem para a manutenção de incentivos à transição energética, independentemente de mudanças no governo central.

Entretanto, a partir de 2025, observa-se uma inflexão significativa na condução da política climática federal. O governo de Donald Trump passou a priorizar a expansão da produção e uso de combustíveis fósseis, com foco na chamada “soberania energética americana” e no crescimento econômico. Nesse contexto, houve redução da centralidade da agenda climática, com flexibilização de regulações ambientais e menor ênfase na redução de emissões de gases de efeito estufa.

Como marco dessa mudança de orientação, destaca-se a decisão do governo norte-americano de se retirar do Acordo de Paris, sinalizando o abandono dos compromissos internacionais de mitigação climática e a despriorização da cooperação global nesse tema. Essa decisão reforça o caráter mais doméstico e econômico da política energética dos Estados Unidos no período, ainda que não tenha implicado a descontinuidade completa dos instrumentos estruturais de apoio aos biocombustíveis.





União Europeia

A experiência da União Europeia representa um dos modelos mais abrangentes e sofisticados de regulação de biocombustíveis no mundo, caracterizado por forte integração entre política climática, energética, industrial e ambiental. Diferentemente de países que utilizam instrumentos isolados, a UE adota um arcabouço regulatório complexo, com múltiplos mecanismos complementares voltados à descarbonização sistêmica da economia.

No centro dessa estratégia está o alinhamento com metas climáticas ambiciosas — redução de pelo menos 55% das emissões até 2030 (base 1990) e neutralidade climática até 2050 — inseridas no contexto do *European Green Deal*. Nesse cenário, os biocombustíveis são apenas um dos vetores dentro de uma transição energética mais ampla, que inclui eletrificação, hidrogênio renovável e combustíveis sintéticos.

O principal instrumento regulatório para biocombustíveis é a *Renewable Energy Directive II*, que estabelece uma meta de 14% de energias renováveis no transporte até 2030. Essa diretiva não apenas define metas, mas também impõe critérios rigorosos de sustentabilidade, incluindo restrições ao uso de matérias-primas associadas ao desmatamento e incentivo ao uso de biocombustíveis avançados. Em paralelo, a *Fuel Quality Directive* (FQD) atua sobre a intensidade de carbono dos combustíveis, criando um sistema complementar ao focar na redução das emissões ao longo do ciclo de vida.

Um elemento central do modelo europeu é a combinação entre metas obrigatórias e flexibilidade nacional. Embora as diretrizes sejam vinculantes, cada Estado-membro tem autonomia para definir como cumprir as metas — seja por mandatos de mistura, incentivos fiscais ou outros instrumentos. Isso resulta em uma heterogeneidade significativa entre países, com diferentes níveis de ambição e ajustes frequentes em resposta a condições econômicas, como observado recentemente em países como Suécia e Finlândia.

A UE também se destaca pela ampliação do escopo regulatório para além do transporte rodoviário. No setor de aviação, o regulamento *ReFuelEU Aviation* estabelece metas progressivas obrigatórias de uso de SAF, que chegam a 70% até 2050. Esse é um dos mandatos mais ambiciosos globalmente e exclui biocombustíveis de primeira geração, reforçando a prioridade por rotas mais sustentáveis. No transporte marítimo, o regulamento *FuelEU Maritime* introduz metas de redução da intensidade de emissões de GEE, permitindo o uso de biocombustíveis, combustíveis sintéticos e alternativas.

Outro aspecto relevante é a forte ênfase em sustentabilidade e rastreabilidade. A UE implementa critérios rigorosos de uso da terra, proteção da biodiversidade e controle de cadeias produtivas, incluindo o Regulamento de Produtos Livres de Desmatamento. Esse regulamento exige que produtos como soja, óleo de palma e madeira — frequentemente associados à produção de biocombustíveis — não estejam ligados ao desmatamento recente, o que tem implicações diretas para países exportadores.

Além disso, a UE utiliza instrumentos econômicos relevantes, como o sistema de comércio de emissões (EU ETS) e propostas de reforma tributária energética, que visam taxar combustíveis com base em seu desempenho ambiental. Esses mecanismos reforçam o sinal econômico para a substituição de combustíveis fósseis.





No campo tecnológico, a UE promove fortemente biocombustíveis avançados, biometano e hidrogênio renovável. Países como Alemanha e França têm mercados desenvolvidos para biometano, enquanto o bloco como um todo investe na criação de infraestrutura para hidrogênio e combustíveis sintéticos, visando setores de difícil descarbonização.

Do ponto de vista analítico, o modelo europeu pode ser sintetizado em alguns pilares: a integração regulatória multissetorial (transporte, indústria, energia e comércio); a combinação de metas obrigatórias e instrumentos de mercado; a forte ênfase em sustentabilidade e rastreabilidade; a prioridade para biocombustíveis avançados e tecnologias emergentes; e a expansão para setores como aviação e transporte marítimo.

A experiência da União Europeia oferece lições sobre conformidade com padrões de mercado global. A UE é um regulador que define padrões para o mercado internacional de biocombustíveis. Esses padrões incluem critérios rigorosos de sustentabilidade, rastreabilidade de cadeias produtivas, e regulação por intensidade de emissões. A UE também estabelece mandatos ambiciosos para biocombustíveis avançados (SAF, biometano) e integra essas políticas a uma estratégia ampla de transformação econômica e ambiental. Essas regulações têm impacto direto sobre exportações brasileiras: produtos que não atendem aos padrões europeus enfrentam barreiras de acesso ao mercado da UE, que é um dos maiores consumidores de biocombustíveis do mundo.

Os padrões estabelecidos pela União Europeia constituem referência relevante para os biocombustíveis destinados àquele mercado. Para o Brasil, a compatibilidade com requisitos internacionais pode ampliar oportunidades comerciais e reforçar o reconhecimento da sustentabilidade dos biocombustíveis nacionais. Nesse contexto, o país dispõe de vantagens estruturais relevantes, como elevada disponibilidade de biomassa, diversidade de matérias-primas e rotas tecnológicas, experiência consolidada na produção e no uso de biocombustíveis e capacidade de produção em escala.

O RenovaBio, por sua vez, já dispõe de critérios de sustentabilidade, rastreabilidade e avaliação da intensidade de carbono baseados em Análise de Ciclo de Vida, que conferem robustez ambiental à política brasileira. Assim, a experiência europeia pode ser utilizada como referência para: (1) acompanhar a evolução dos requisitos de sustentabilidade e rastreabilidade aplicáveis ao comércio internacional e avaliar a compatibilidade entre diferentes sistemas de certificação, preservadas as características e a robustez do modelo brasileiro; (2) ampliar a articulação entre os instrumentos já existentes de política energética e climática, aproveitando a experiência internacional em metas, precificação de carbono e regulação por intensidade; (3) acelerar o desenvolvimento e a inserção de biocombustíveis avançados, como SAF e biometano, aproveitando a disponibilidade de biomassa, a diversidade de rotas e a capacidade produtiva brasileira para atender tanto ao mercado doméstico quanto a mercados internacionais; e (4) ampliar o reconhecimento internacional da sustentabilidade dos biocombustíveis brasileiros, apoiado em critérios robustos de certificação e nas vantagens comparativas do país em escala, diversidade de matérias-primas, tecnologia e potencial de redução de emissões.

Em síntese, a experiência da União Europeia não indica a necessidade de replicação de seu modelo ou de revisão dos fundamentos do RenovaBio, mas oferece referências para o aprimoramento contínuo e a maior articulação dos instrumentos já existentes no Brasil, bem como para o aproveitamento das vantagens estruturais brasileiras na expansão sustentável dos biocombustíveis e na inserção do país nos mercados internacionais.





2.2. Comparação do RenovaBio com as principais políticas mundiais de incentivo a biocombustíveis

Como observado, o Brasil não é o único país que desenvolve políticas de incentivo a biocombustíveis. As três políticas mais utilizadas no mundo para reduzir as emissões de carbono do uso de combustíveis na matriz de transporte são: (i) precificação do carbono na forma de programas de comercialização (*Comercial and Trading* - C&T) e impostos sobre o carbono; (ii) mandatos de mistura de combustível renovável em combustíveis fósseis; (iii) padrões de intensidade de carbono de combustíveis e metas de redução de emissões, como o RenovaBio e o LCFS.

As diferentes políticas mundiais de incentivo ao uso de biocombustíveis apresentam algumas diferenças notáveis entre si. Entre elas a jurisdição geográfica e os mandatos de misturas, que em alguns casos são inexistentes ou ainda sofrem algum tipo de influência, como disponibilidade de matéria-prima.

Os requisitos de sustentabilidade estão sendo cada vez mais incorporados às políticas de biocombustíveis, que auxiliam seus países atingirem suas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs). Conforme o nome diz, cada país firma seu compromisso frente ao acordo de Paris e adota estratégias diferentes, conforme seu mercado interno, tendo países mais ou menos avançados nas políticas de biocombustíveis.

A análise comparada das políticas de biocombustíveis evidencia que o Brasil já dispõe de um arcabouço sofisticado para a descarbonização do setor de combustíveis. O RenovaBio combina metas compulsórias de descarbonização, certificação da eficiência energético-ambiental dos biocombustíveis com base em sua intensidade de carbono e utilização dos CBIOs como instrumento de comprovação do cumprimento das metas. Esse desenho se articula, ainda, com mandatos de mistura e outros instrumentos da política brasileira de biocombustíveis. As experiências internacionais analisadas oferecem, portanto, referências para oportunidades de maior articulação com políticas complementares.

A experiência da Índia evidencia a importância da coordenação entre metas de expansão dos biocombustíveis e instrumentos voltados à ampliação da capacidade produtiva e à segurança da oferta, incluindo financiamento e incentivos à produção. No Brasil, esses elementos já estão presentes em diferentes instrumentos de política pública. A experiência indiana reforça, assim, a oportunidade de ampliar a articulação entre as metas de longo prazo para os biocombustíveis e instrumentos de financiamento, investimento e expansão da capacidade produtiva, contribuindo para a previsibilidade necessária aos investimentos e para o crescimento sustentável da oferta.

A experiência da África do Sul, por sua vez, destaca a possibilidade de associar a expansão dos biocombustíveis a objetivos de desenvolvimento regional, geração de renda e inclusão produtiva. No Brasil, esses objetivos já são contemplados por instrumentos complementares à política de descarbonização, como o Selo Biocombustível Social, voltado à inclusão produtiva e à participação da agricultura familiar na cadeia do biodiesel, além de instrumentos de financiamento e políticas de apoio à produção e ao desenvolvimento regional. A experiência sul-africana reforça, portanto, a oportunidade de ampliar a articulação entre esses instrumentos e a expansão dos biocombustíveis, potencializando seus cobenefícios sociais, econômicos e regionais, sem alterar a finalidade da certificação do RenovaBio, voltada à mensuração e ao reconhecimento do desempenho energético-ambiental dos biocombustíveis.





O Japão oferece referências particularmente relevantes quanto à diversificação tecnológica e ao desenvolvimento de soluções para setores de difícil descarbonização, especialmente a aviação. O Brasil apresenta vantagens estruturais importantes nesse campo, como elevada disponibilidade e diversidade de biomassa, experiência consolidada na produção de biocombustíveis, capacidade agroindustrial e potencial para desenvolvimento de diferentes rotas tecnológicas. Além disso, o RenovaBio já incorpora a intensidade de carbono como elemento de diferenciação do desempenho energético-ambiental dos biocombustíveis. A experiência japonesa reforça, assim, a oportunidade de acelerar o desenvolvimento e a produção em escala de biocombustíveis avançados, especialmente SAF, e sua articulação com os compromissos nacionais e internacionais de descarbonização.

De forma transversal, as experiências analisadas demonstram a importância da articulação entre mecanismos de mercado e instrumentos públicos de financiamento, inovação, desenvolvimento tecnológico, infraestrutura e expansão produtiva. No caso brasileiro, essa articulação deve preservar os fundamentos do RenovaBio, em especial a previsibilidade das metas de descarbonização, a avaliação da intensidade de carbono e os sinais econômicos proporcionados pelos CBIOS, utilizando políticas complementares para potencializar seus resultados.

Em síntese, a experiência internacional aponta oportunidades de aprimoramento especialmente em quatro dimensões: (1) ampliar a articulação entre as metas de longo prazo para os biocombustíveis e instrumentos de financiamento, investimento e expansão sustentável da capacidade produtiva, favorecendo a previsibilidade necessária aos investimentos; (2) ampliar a articulação com instrumentos de inclusão produtiva e desenvolvimento regional, a exemplo do Selo Biocombustível Social e de mecanismos de financiamento e apoio à produção, de modo a potencializar a geração de renda, a participação da agricultura familiar e os benefícios regionais associados à expansão dos biocombustíveis, sem alterar a finalidade energético-ambiental da certificação do RenovaBio; (3) acelerar a diversificação tecnológica e o desenvolvimento em escala de biocombustíveis avançados, especialmente SAF, biometano e novas rotas, aproveitando as vantagens estruturais brasileiras em disponibilidade e diversidade de biomassa, capacidade agroindustrial, experiência produtiva e desenvolvimento tecnológico; e (4) aprofundar a articulação entre o RenovaBio e os demais instrumentos das políticas energética, climática, industrial, tecnológica e de infraestrutura, potencializando os resultados da política de descarbonização.

Essas oportunidades representam possibilidades de aprofundamento de uma política já consolidada e devem ser consideradas sem alteração dos fundamentos que conferem robustez ao RenovaBio, preservando a lógica de mercado, a previsibilidade das metas, a diferenciação dos biocombustíveis por sua eficiência energético-ambiental e o papel dos CBIOS como instrumento de comprovação de seu cumprimento. A experiência dos demais países pode, assim, contribuir para que o Brasil potencialize suas vantagens estruturais e amplie sua liderança na produção sustentável e na utilização de biocombustíveis.





MAPEAMENTO DAS CADEIAS PRODUTIVAS (ETANOL, BIODIESEL E BIOMETANO)





3. MAPEAMENTO DAS CADEIAS PRODUTIVAS (ETANOL, BIODIESEL E BIOMETANO)

A cadeia produtiva dentro do RenovaBio envolve todas as etapas de produção, distribuição e uso de biocombustíveis. Essa cadeia inclui desde o cultivo de matérias-primas, como cana-de-açúcar, milho e soja, até a produção, certificação, comercialização e consumo dos biocombustíveis. Uma das primeiras etapas é a indústria de transformação, para conversão da biomassa em biocombustíveis como o etanol e o biodiesel, que são armazenados, vendidos e transportados para o setor de distribuição de combustíveis, responsáveis pela entrega nos postos de abastecimento para o consumidor final.

A cadeia produtiva sustentável de biocombustíveis é crucial para alcançar as metas de redução de emissões. Por isso o RenovaBio possui uma Nota de Eficiência Energético-Ambiental (NEEA), obtida pelos produtores de biocombustíveis após um processo de auditoria e certificação baseada em análise de ciclo de vida. Quanto maior a nota, menor é a intensidade de carbono e melhor é a eficiência do biocombustível, ou seja, emite menos CO₂ equivalente por megajoule (MJ), quando comparado ao combustível fóssil.

A busca por uma NEEA maior, dentre outros objetivos, promove o uso racional de recursos como combustíveis e eletricidade, a reutilização de resíduos, a inovação tecnológica e o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes. Já o volume elegível refere-se à quantidade de biocombustível que cumpre os critérios de sustentabilidade do RenovaBio e, portanto, apto para gerar CBIOS. Para alcançar um grande volume elegível é necessário que os produtores de biocombustíveis assegurem a rastreabilidade das matérias-primas e que solicitem aos produtores rurais o fornecimento de informações como uso de fertilizantes, combustíveis e eletricidade da fase agrícola. Ou seja, quanto maior a rastreabilidade, maior a o volume elegível e maior a quantidade de CBIOS que o produtor de biocombustíveis pode emitir.

A certificação de biocombustíveis no RenovaBio permite que os produtores emitam Créditos de Descarbonização (CBIOS), que podem ser comercializados no mercado. A quantidade de CBIOS gerados por um produtor de biocombustível está diretamente ligada à eficiência de sua cadeia produtiva. Quanto mais eficiente, maior a quantidade de CBIOS gerados.

Entre as oportunidades proporcionadas pelo RenovaBio estão a melhoria contínua da eficiência energético-ambiental da produção e a ampliação da rastreabilidade da cadeia de custódia, especialmente para matérias-primas como milho e soja. O desenho da política cria incentivos econômicos para esses avanços, uma vez que a utilização de dados primários e a melhoria do desempenho produtivo podem resultar em melhores Notas de Eficiência Energético-Ambiental e maior potencial de emissão de CBIOS. A ampliação da participação dos produtores rurais e da integração de informações ao longo da cadeia pode contribuir para potencializar esses resultados.

A logística de transporte de matérias-primas pode representar um custo significativo e gerar emissões significativas de carbono, frente à grande área territorial do Brasil, cuja maior modalidade de transporte é a rodoviária, prioritariamente com caminhões a diesel. A falta de infraestrutura adequada em algumas regiões, como a má conservação de estradas, pode limitar a expansão da produção de biocombustíveis.

Já a adoção de novas tecnologias pode exigir investimentos significativos por parte dos produtores, trazendo desafios à expansão de oferta de biocombustíveis mais eficientes.





O arcabouço de políticas públicas e regulamentações aplicáveis aos biocombustíveis, associado a instrumentos de financiamento, pesquisa e desenvolvimento, contribui para ampliar sua competitividade e estimular a inovação tecnológica.

Essas tecnologias podem levar a um melhor aproveitamento dos recursos, com redução no impacto ambiental e são responsáveis por novas rotas de produção de etanol, a partir de sorgo e trigo, e de biodiesel a partir de melaço de cana, por exemplo. Também podem possibilitar a entrada no mercado dos combustíveis sustentáveis de aviação, do diesel verde e de outros biocombustíveis sintéticos.

A Instrução Técnica 06 (IT06 SBQ), emitida pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), estabelece os procedimentos para implementação e verificação da cadeia de custódia no âmbito do RenovaBio, desde o produtor de biomassa (grãos e óleos vegetais) até o produtor de biocombustíveis. Apresenta detalhes operacionais complementares aos procedimentos da Resolução ANP n.º 758/2018 ¹ para a implantação de cadeia de custódia no âmbito do programa. A norma garante, ainda, que as matérias-primas utilizadas na produção de etanol e biodiesel sejam rastreáveis e atendam aos critérios de sustentabilidade exigidos para a geração de Créditos de Descarbonização (CBIOS).

Figura 1 – Elos da cadeia de biocombustíveis segundo a IT06 SBQ



Fonte: IT06 SBQ

¹ [resolucaoanp-758-2018.pdf](#)





3.1. A RenovaCalc

A RenovaCalc é a ferramenta metodológica utilizada no âmbito do RenovaBio para calcular a intensidade de carbono dos biocombustíveis produzidos no Brasil. Ela é uma calculadora de ciclo de vida (LCA — *Life Cycle Assessment*), que avalia as emissões de gases de efeito estufa desde a produção da matéria-prima até o uso final do combustível (“do poço à roda”).

Com base em dados específicos de cada produtor — como uso de insumos, consumo de energia, eficiência industrial e logística — a RenovaCalc gera uma Nota de Eficiência Energético-Ambiental (NEEA). Essa nota reflete o quanto aquele biocombustível emite menos GEE em comparação ao seu equivalente fóssil.

Essa avaliação é fundamental para o funcionamento do RenovaBio, pois determina a quantidade de CBIOs (Créditos de Descarbonização) que o produtor pode emitir: quanto menor a intensidade de carbono do biocombustível, maior será a geração de créditos. Assim, a RenovaCalc cria um incentivo direto à melhoria contínua da eficiência ambiental e à adoção de práticas mais sustentáveis ao longo da cadeia produtiva.

3.2. Etanol

Na cadeia produtiva do etanol, a análise segmenta-se estruturalmente entre as indústrias baseadas em cana-de-açúcar e em milho. No setor canavieiro, o fluxo logístico da cana-de-açúcar é caracterizado por um raio de suprimento agrícola curto devido à rápida degradação da matéria-prima após o corte, exigindo proximidade física imediata entre as lavouras e as usinas de processamento. Industrialmente, as usinas dividem-se em autônomas ou anexas, variando o seu mix de produção conforme as oscilações de preços.

Por outro lado, a cadeia do etanol de milho apresenta uma dinâmica de suprimento distinta, concentrada majoritariamente no Centro-Oeste brasileiro, impulsionada pelo aproveitamento do grão de safrinha (ou segunda safra). Diferentemente da cana, o milho permite o armazenamento prolongado em silos, quebrando a sazonalidade da produção industrial e viabilizando a operação das usinas durante todo o ano. As plantas de processamento de milho operam sob modelos dedicados ou flex, gerando como coprodutos de alto valor comercial os grãos de destilaria secos com solúveis (DDGS), direcionados ao mercado de nutrição animal. O escoamento do etanol das regiões produtoras para as bases de distribuição rododiferroviárias e dutoviárias enfrenta desafios logísticos e altos custos de frete rodoviário de longa distância.

O etanol é produzido tradicionalmente a partir da cana-de-açúcar, cuja cadeia já está consolidada, pela relação quase direta entre produtores de biomassa e produtores de biocombustível. Segundo dados da ANP, analisados em julho de 2026, dos 321 produtores de etanol de cana autorizados, 258 são certificados no RenovaBio, o que representa aproximadamente 80%. Para a produção do etanol a partir de milho tem-se 20 usinas de etanol de milho autorizadas e apenas 10 certificadas, ou seja apenas 50%. Há ainda as usinas integradas que podem utilizar ambas as matérias-primas, cana-de-açúcar e milho. Onde 6 são certificadas, dentre as 10 autorizadas, o que representa 60% delas, mostrando que a simplicidade da cadeia da cana é um fator que influencia no alto índice de certificação no RenovaBio. A seguir serão apresentadas as etapas da produção da cana-de-açúcar até a usina de etanol e posteriormente o milho é abordado.





A primeira etapa de produção é o cultivo, com características semelhantes à cana. Na cadeia de produção do etanol de milho, entretanto, há maior participação de armazenadores e intermediários, o que torna a rastreabilidade da cadeia de custódia mais complexa em comparação à cadeia da cana-de-açúcar. A ampliação da integração das informações entre os diferentes elos da cadeia representa oportunidade para aumentar a utilização de dados primários e o volume elegível no âmbito do RenovaBio.

Após a colheita, a cana-de-açúcar é transportada diretamente para as usinas de processamento, o que facilita a rastreabilidade. Essa etapa de logística é crítica para garantir a eficiência da cadeia produtiva e minimizar perdas. A cana é transportada por caminhões ou veículos especializados, em um sistema que deve ser ágil para evitar a deterioração da matéria-prima. Nesta etapa o consumo de óleo diesel é contabilizado.

Nas usinas, a cana-de-açúcar passa por uma série de processos para a produção de etanol: moagem, onde a cana é triturada para extrair o caldo rico em sacarose; fermentação, onde o caldo é fermentado com leveduras, transformando a sacarose em etanol; destilação, onde o etanol é separado dos demais componentes por meio de destilação, resultando em etanol hidratado ou anidro, dependendo da aplicação. O bagaço da cana, resíduo do processo, é utilizado para gerar energia elétrica, tornando o processo mais sustentável e eficiente. O consumo de diesel e de energia elétrica são considerados nessa etapa industrial. Após a produção, o etanol é armazenado em tanques e posteriormente distribuído para os postos de combustíveis, onde será comercializado. O etanol é transportado por caminhões, ferrovias ou dutos, até os pontos de venda ou uso final. A partir do bagaço e da palha de cana, pode ser produzido o etanol de segunda geração (2G).

A produção de etanol a partir do milho tem ganhado destaque nos últimos anos, impulsionada pela disponibilidade da matéria-prima, avanços tecnológicos e pela necessidade de diversificar as fontes de biocombustíveis. O milho é uma cultura amplamente difundida no Brasil, com destaque para os estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Paraná.

A primeira etapa de produção é o cultivo, com características semelhantes às observadas na cadeia da cana-de-açúcar. Na produção de etanol a partir do milho, contudo, a cadeia de fornecimento envolve com maior frequência agentes armazenadores entre o produtor rural e a unidade produtora de etanol. A etapa de armazenagem constitui um dos principais gargalos para a rastreabilidade, uma vez que a agregação de grãos de diferentes origens ao longo da cadeia pode dificultar a manutenção e a comprovação individualizada das informações necessárias à verificação da elegibilidade da matéria-prima. Como resultado, parte do milho utilizado na produção pode não reunir as informações necessárias para comprovação de sua elegibilidade no âmbito do RenovaBio, contribuindo para uma proporção menor de volume elegível em comparação com a cadeia da cana-de-açúcar. Para a produção do etanol, o milho é limpo e moído para liberar o amido, misturado à água e enzimas para o processo de fermentação. Após esse processo passa por destilação e remoção da água, sendo armazenado em tanques, para comercialização com o setor de distribuição de combustíveis.

Assim como no etanol de cana-de-açúcar, na etapa produtiva são contabilizados o consumo de diesel e de energia elétrica, bem como o rendimento de outros produtos obtidos do processamento do milho.





A seguir são apresentados os dados de produção de cana, milho e demais matérias-primas para etanol conforme divulgado pela ANP e comparados com boletins divulgados pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab).

Tabela 1 – Produção de matérias-primas para etanol

Ano	Cana	Milho	Melaço	Outras*	Bagaço/palha	TOTAL
Milhões de toneladas						
2024	316,1	17,3	14,9	0,28	0,24	348,7
2023	326,0	13,3	13,4	0,29	0,13	353,1

*Outras = arroz, batata-doce, sorgo, trigo etc

Fonte: Conab

Outras matérias-primas são utilizadas em menor escala para a produção de etanol, trazendo desafios adicionais, como a produção regional. Trigo, sorgo e arroz por exemplo têm sua produção concentrada na região sul do país, onde há predominância de pequenos produtores e cooperativas.

3.3. Biodiesel

Uma usina de biodiesel pode ser verticalizada, ou seja, a empresa possui uma planta industrial que controla e integra todas as etapas da cadeia produtiva do biodiesel, desde a produção da matéria-prima até a comercialização do produto final. Esse modelo tem como vantagens a redução de custos com intermediários, maior controle da cadeia de custódia, melhor gestão logística e menor dependência do mercado.

Entretanto, muitas usinas de biodiesel adotam o modelo não verticalizado e não controlam todas as etapas da cadeia produtiva. Em vez disso, elas compram a matéria-prima (soja, óleo vegetal, gordura animal etc.) de fornecedores externos e se concentram apenas em parte do processo, geralmente na produção química do biodiesel (transesterificação) e, às vezes, no refino e comercialização.

Segundo dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), atualizados em 24/06/2026, o parque produtor de biodiesel autorizado no Brasil totaliza 58 unidades industriais, pertencentes a 47 empresas, com capacidade total de aproximadamente 43.034 m³/dia (média de 742 m³/d por usina). A análise das autorizações evidencia um padrão predominantemente multi-matéria-prima: 81% das usinas (47 de 58) estão habilitadas a processar duas ou mais matérias-primas, sendo que 45% operam com uma faixa de 5 a 9 insumos distintos. O óleo de soja figura como matéria-prima quase universal, presente em 57 das 58 autorizações, seguido por gorduras e resíduos de origem animal (bovina, suína e de aves) e óleo de fritura usado, que juntos aparecem em 30 a 40 usinas cada, caracterizando-se como insumos alternativos de menor custo. As 11 usinas mono-matéria-prima (19% do total) concentram-se em grandes esmagadoras de grãos (ADM, Bunge, Cargill, Caramuru), para as quais o óleo de soja constitui subproduto cativo do próprio processamento industrial, dispensando diversificação. Geograficamente, o estado de Mato Grosso concentra o maior número de unidades (16) e a maior capacidade agregada (~10.000 m³/d), consistente com sua posição de destaque na cadeia produtiva da soja.





Adicionalmente, dados da ANP analisados em julho de 2026 indicam que, dos 58 produtores autorizados, 45 (77,5%) possuem certificação no RenovaBio, evidenciando ampla adesão do setor ao programa nacional de descarbonização de combustíveis. A flexibilidade regulatória para operar com múltiplas matérias-primas — habilitada pela Autorização de Operação (AO) da ANP — configura-se, assim, como prática comum e estrategicamente relevante no setor, permitindo às usinas mitigar riscos de preço e disponibilidade sazonal de insumos, além de atender aos critérios de certificação exigidos pelo RenovaBio.

A produção de biodiesel de origem vegetal começa com o cultivo de plantas oleaginosas, que deve ser feito em áreas autorizadas, seguindo boas práticas agrícolas, com monitoramento de uso de defensivos, corretivos e fertilizantes, além do uso da água e de energia para a produção. Após a colheita os grãos passam pela etapa de armazenamento, de onde são levados para as indústrias, por onde passam por um processo de esmagamento para separar o óleo e o farelo. Esse processo pode envolver prensagem mecânica ou extração com solventes e pode ser realizado por empresas esmagadoras, intermediárias na cadeia de custódia do biodiesel. As esmagadoras podem fornecer o óleo para as usinas de biodiesel ou revendê-los para outros setores industriais.

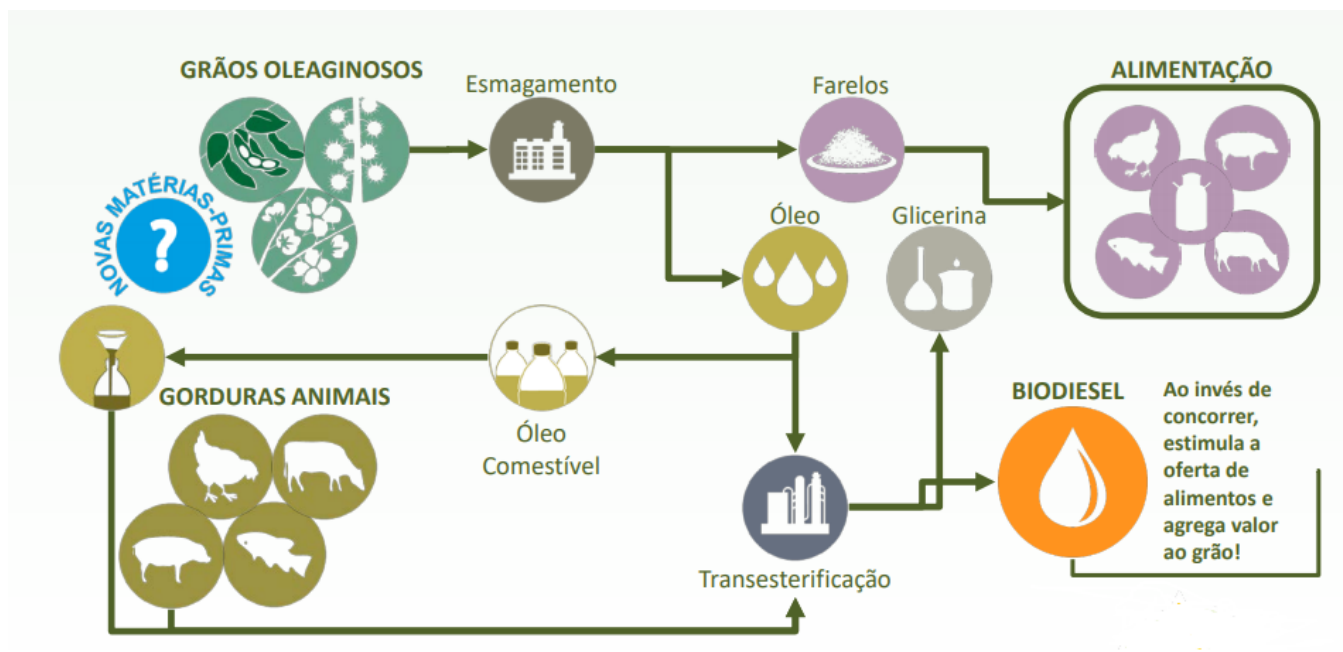
O óleo bruto extraído passa por um processo de refino para remover impurezas e melhorar a qualidade. Isso inclui a remoção de ácidos graxos livres, fosfolípidios, ceras e outros contaminantes. O óleo refinado é então transportado para as usinas de biodiesel, geralmente via rodovias. Nas usinas, o óleo vegetal é convertido em biodiesel através de um processo químico chamado transesterificação. Nesse processo, o óleo reage com um álcool (geralmente metanol ou etanol) na presença de um catalisador para formar ésteres metílicos (biodiesel) e glicerol, um subproduto que acaba sendo comercializado.

O biodiesel bruto é purificado para remover impurezas, incluindo glicerol, catalisadores residuais, álcool não reagido e sabões. A purificação pode envolver lavagem com água, secagem e filtração. O biodiesel purificado é armazenado em tanques apropriados antes de ser encaminhado para as empresas distribuidoras, que fazem a mistura obrigatória com o óleo diesel A e vendem para os postos de combustíveis, que por sua vez comercializam o óleo diesel B com os consumidores finais. O consumo de óleo diesel e de energia é contabilizado, nas diversas etapas industriais da produção de diesel. Na etapa de distribuição o consumo de diesel é contabilizado.

O processo de industrialização baseia-se na reação química de transesterificação, onde os triglicerídeos das matérias-primas reagem com um álcool na presença de um catalisador, resultando em alquilesteres (biodiesel) e glicerina bruta como coproduto, a qual é direcionada para refino. O transporte do biocombustível das usinas produtoras até as bases de distribuição, onde ocorre a mistura física obrigatória ao diesel A para formação do diesel B, é realizado majoritariamente pelo modo rodoviário por meio de caminhões-tanque, expondo o setor a vulnerabilidades associadas à malha viária e aos custos de combustíveis de transporte.

Além do biodiesel, outros produtos podem ser obtidos do processamento de grãos oleaginosos, como óleos, glicerina (que pode ser vendida para diversas indústrias, como a alimentícia, farmacêutica, cosmética, química e de papel) e farelos que podem ser usados na alimentação animal. Gorduras animais também fazem parte do processo produtivo, conforme mostrado na figura abaixo divulgada pela União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene (Ubrabio).



Figura 2 – Cadeia produtiva do biodiesel

Fonte: ANP. Consulta em março de 2025.

Matérias-primas como óleos residuais (por exemplo, óleo de cozinha usado) e gorduras animais tendem a apresentar melhor desempenho energético-ambiental, pois partem de resíduos que já existem no sistema produtivo e não exigem o cultivo de novas culturas dedicadas, reduzindo as emissões associadas à etapa agrícola. Por outro lado, a coleta e o transporte de óleos residuais costumam envolver pequenos volumes distribuídos em áreas urbanas, com rotas fragmentadas e maior complexidade logística, o que pode aumentar o consumo de combustíveis fósseis e piorar o desempenho da cadeia se não houver otimização. No caso das gorduras animais — como sebo bovino, gordura suína e de aves, bem como resíduos graxos — a concentração em grandes frigoríficos e processadoras de alimentos favorece a escala, com geração de milhares de toneladas mensais em pontos específicos; entretanto, a distância até as usinas de biodiesel e a organização da logística de transporte continuam sendo fatores críticos para manter ou melhorar a eficiência energético-ambiental da rota. O sebo bovino, em particular, apresenta em geral elevada proporção de volumes elegíveis no âmbito do RenovaBio, favorecida pelas características de sua cadeia de fornecimento, que possibilitam maior rastreabilidade e facilidade na identificação e comprovação da origem da matéria-prima. Adicionalmente, por ser classificado como resíduo para fins da RenovaCalc, recebe o tratamento específico aplicável a essa categoria no cálculo da intensidade de carbono, o que pode favorecer o desempenho energético-ambiental do biodiesel produzido a partir dessa matéria-prima.



No caso de óleos vegetais, o cultivo da matéria-prima afeta significativamente a NEEA. Aplicação de fertilizantes nitrogenados, por exemplo, aumenta as emissões de óxido nitroso (N₂O), um GEE potente. Entretanto, uma maior produtividade por hectare reduz a intensidade de emissões por litro de biodiesel produzido. Assim como no etanol de milho, no processo industrial de produção do biodiesel a NEEA pode ser impactada por uso de tecnologias que reduzem o consumo de energia no processo de transesterificação, utilização de fontes renováveis em vez de combustíveis fósseis, inclusive a utilização de B100 e outras misturas na frota própria de veículos das usinas de biodiesel. Na tabela 2 são apresentados os dados de produção de óleo de soja e outras matérias-primas para biodiesel conforme divulgado pela ANP e comparados com boletins divulgados pela Conab.

Tabela 2 – Produção de matérias-primas para biodiesel

Ano	Óleo de soja	Outros materiais graxos	Gordura bovina	Outras*	Óleo de palma/dendê	TOTAL
Milhões metros cúbicos						
2024	7,19	1,35	0,59	0,51	0,07	9,72
2023	5,22	1,23	0,44	0,47	0,19	7,54

* Outras = gorduras de frango e porco, óleos de algodão, colza/canola, de milho e de fritura usado.

Fonte: ANP. Consulta em março de 2025 ².

Outras matérias-primas também são utilizadas para a produção de biodiesel, em menor escala. Dentre elas o óleo de palma cujo principal estado produtor é o Pará, e tem como aspecto positivo o fato de a palma de óleo ser uma cultura que vem sendo utilizada na recuperação de áreas desmatadas e/ou antropizadas. Por ser uma cultura muito estabelecida por produtores familiares, apresenta desafios logísticos de armazenamento e transporte, além das dificuldades de rastreabilidade da cadeia.

O algodoeiro é uma planta cultivada anualmente, o que significa que sua produção pode ser sustentada de forma contínua, desde que manejada corretamente. O óleo de algodão é um subproduto do processo de produção de fibras para a indústria têxtil e faz parte de um sistema de aproveitamento integral do algodão, no qual as sementes são processadas para extração do óleo e para a produção de farelo para ração animal. O maior produtor brasileiro é o estado de Mato Grosso, responsável por aproximadamente 71% da produção, seguido pelo estado da Bahia, com 19%. O baixo rendimento na extração, a logística e os desafios de rastreabilidade são os principais entraves para a utilização em larga escala.

A canola (refere-se a três espécies de brássicas) (produz um óleo amplamente utilizado na indústria alimentícia devido às suas propriedades nutricionais. Além disso, a torta de palmiste, resultante do esmagamento para produção de biodiesel é utilizada em ração animal e a casca do caroço de palma é utilizada como biomassa para a geração de energia. Por requerer condições climáticas específicas para um desenvolvimento adequado, incluindo temperaturas amenas e precipitações bem distribuídas, é produzida principalmente no Rio Grande do Sul e no Paraná.

² Painel Dinâmico de Produtores de Biodiesel 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: 15 fev. 2025.





O uso de óleo de girassol é um produto versátil, utilizado tanto na alimentação humana quanto na produção de biodiesel. O Brasil ainda não tem escala significativa de cultivo de girassol, e seu uso ainda é limitado em comparação com outros óleos vegetais, como o de soja. Os principais estados produtores são Goiás, com 61,4%), seguido por Minas Gerais com 14,3%. Embora o girassol seja uma boa fonte de óleo para biodiesel, seu rendimento por hectare é inferior ao de outras oleaginosas como soja e canola. Isso significa que, para obter a mesma quantidade de biodiesel, é necessário cultivar mais hectares de girassol, o que pode aumentar os custos e reduzir a competitividade. Entretanto, o girassol pode ser cultivado em rotação com outras culturas como soja e milho, o que representa uma alternativa potencial, complementar às principais culturas no Brasil.

O sebo bovino é um subproduto da indústria frigorífica e é amplamente utilizado na produção de biodiesel. A disponibilidade no mercado está relacionada com a demanda de gordura bovina e o mercado de carne. Os principais estados produtores são: Mato Grosso (maior rebanho bovino do Brasil), Mato Grosso do Sul, Pará, Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul. Sua cadeia possui dificuldades logísticas, como a dispersão dos fornecedores em pequenos frigoríficos e abatedouros, que geram volumes menores de sebo, dificultando a coleta eficiente. O valor varia conforme a demanda do mercado (saboaria, cosméticos, ração animal), o que pode afetar a viabilidade da coleta e sua aplicação na produção de biodiesel.

A banha suína é um subproduto importante da suinocultura, sendo utilizada na alimentação, indústria química e cosméticos. É utilizada em uma série de aplicações alimentícias, como a produção de gordura para consumo humano e como ingrediente em alimentos processados. O preço da banha suína pode oscilar junto com a oferta e demanda de carne suína e de produtos alimentícios, o que pode afetar o custo de produção do biodiesel. Sua coleta depende da infraestrutura dos frigoríficos e abatedouros, que nem sempre possuem sistemas eficientes para separar e armazenar a banha. Principais estados produtores são SC, PR, RS, MG e MT. A gordura de aves é um subproduto do processamento de frangos e perus, utilizada na fabricação de rações e biodiesel. Os estados com maior produção são: Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo e Mato Grosso do Sul. A gordura de aves não é apenas usada para biodiesel, mas também tem diversas aplicações na indústria alimentícia, como na produção de óleos para consumo, alimentos processados e rações para animais. Assim como ocorre com a gordura suína, nem todos os abatedouros e processadores de frango possuem sistemas eficientes para separar e armazenar a gordura e, muitas vezes, não estão próximos às usinas de biodiesel. Além disso, a gordura de aves, assim como as demais gorduras animais, são suscetíveis à oxidação, exigindo condições específicas de armazenamento para manter sua qualidade.

A coleta e reciclagem de óleo de fritura usado no Brasil têm ganhado destaque, especialmente devido à crescente demanda por biocombustíveis sustentáveis. Também chamado de óleo cozinha usado (UCO, do inglês *used cooking oil*), não se encontra dados específicos sobre a produção por estado. A grande dificuldade da rastreabilidade da cadeia de UCO é a coleta dispersa, onde pequenos geradores (residências, restaurantes e lanchonetes) produzem volumes reduzidos, o que encarece a logística de coleta.





Estima-se que apenas 5% do óleo de cozinha usado seja reciclado no Brasil, enquanto o restante é descartado de forma inadequada, como em pias ou no solo. Políticas de incentivos para empresas recicladoras, podem auxiliar no aumento da coleta de óleo e na produção de biocombustíveis sustentáveis. Nesse sentido, a Portaria Interministerial MMA/MME nº 3/2026, publicada após os estudos conduzidos no âmbito do Grupo de Trabalho da Resolução CNPE nº 13/2024, estabelece meta mínima de uso de Óleos e Gorduras Residuais (OGR) na cadeia de produção de biocombustíveis no Brasil, englobando biodiesel, diesel verde e Combustível Sustentável de Aviação (SAF). A portaria destaca o papel estratégico de cooperativas e associações de catadores na estruturação da cadeia de fornecimento de OGR, impulsionando a economia circular e promovendo investimentos em coleta e rastreabilidade.

3.4. **Biometano**

O biogás é gerado pela digestão anaeróbica de materiais orgânicos, como resíduos agrícolas, lodo de esgoto, resíduos alimentares ou esterco animal. Essas matérias-primas são escolhidas por seu alto teor de matéria orgânica, essencial para a produção de biogás. Antes de serem utilizadas, passam por um pré-tratamento para remover impurezas e preparar a biomassa para a digestão anaeróbia, ou seja, sem ar/oxigênio. Esse processo pode incluir trituração, moagem e homogeneização. Em seguida, microrganismos decompõem a matéria orgânica na ausência de oxigênio, produzindo biogás. O biogás bruto contém principalmente metano (50-75%) e dióxido de carbono (25-50%), além de pequenas quantidades de outros gases, como sulfeto de hidrogênio (H_2S) e umidade.

O biogás é purificado para remover impurezas, como CO_2 , H_2S e água, aumentando a concentração de metano. Após a purificação, o biometano resultante tem um teor de metano de 95% ou mais, tornando-o adequado para uso em redes de gás natural ou como combustível. O biometano é o biocombustível que tem a rastreabilidade mais simples, ao concentrar na mesma unidade industrial a produção de matéria-prima e de biocombustível, tendo, portanto, 100% de volume elegível das usinas certificadas no RenovaBio.

Segundo o Portal Energia e Biogás, em 2023 o Brasil possuía 1.365 plantas de biogás em operação, distribuídas por diversos estados, com destaque para o Paraná, que concentrava 54% dessas instalações. A maioria das usinas de biometano certificadas no âmbito do RenovaBio utilizavam Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) de aterros sanitários. Apesar de apresentar uma contribuição inferior em produção de biogás em comparação aos aterros e ao setor de saneamento, o setor sucroalcooleiro possui um alto potencial de crescimento da produção de biometano.

Em 2023, segundo o Panorama do Biometano ³, 57% do biogás do setor industrial foi proveniente do setor sucroenergético. O biometano oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais tem na vinhaça, um subproduto líquido gerado durante o processo de fabricação de etanol a partir da cana-de-açúcar, uma das principais matérias-primas. Além da vinhaça, a torta de filtro e o bagaço da cana, também podem ser utilizados na produção de biogás. Entretanto, a produção atual corresponde apenas a 5% do potencial de aproveitamento da vinhaça e torta de filtro gerada no país.

De acordo a Associação Brasileira de Recuperação Energética de Resíduos (ABREN), cerca de 92% do potencial do biogás brasileiro encontra-se nos resíduos da agropecuária, mas apenas 3% são utilizados. Ainda segundo a associação, para mudar esse cenário, é preciso criar incentivos específicos para que todo esse potencial seja alcançado. Isso contribuiria com a produção de biogás e biometano de forma sustentável.

³ <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-781/Panorama%20de%20Biometano.pdf>





A regulamentação do Certificado de Garantia de Origem do Biometano (CJOB), publicada pela ANP em março de 2026 por meio da Resolução ANP nº 996/2026, endereça essa oportunidade. A norma estabelece regras claras para certificação, credenciamento de agentes certificadores, emissão, comercialização e registro dos certificados, criando segurança jurídica, rastreabilidade e previsibilidade ao mercado. Ao evitar dupla contagem e organizar a cadeia de valor, o CJOB remunera adequadamente o atributo ambiental do biometano e estimula novos investimentos em produção e infraestrutura. Isso é essencial para ampliar a escala do setor e capturar o potencial hoje subaproveitado, especialmente nos resíduos agropecuários.



4

OPORTUNIDADES DE AMPLIAÇÃO DA RASTREABILIDADE DA PRODUÇÃO DO ETANOL DE MILHO E DO BIODIESEL





4. OPORTUNIDADES DE AMPLIAÇÃO DA RASTREABILIDADE DA PRODUÇÃO DO ETANOL DE MILHO E DO BIODIESEL

4.1. Etanol de milho

A maior parte do milho para etanol vem da segunda safra ("safrinha"), que pode ter maior dificuldade de rastreabilidade devido ao uso extensivo de áreas agrícolas diversificadas. Como o milho passa por múltiplos intermediários, como *traders* e cooperativas, antes de chegar às usinas, sua rastreabilidade até a origem fica mais comprometida. Muitos produtores de milho são pequenos agricultores, inclusive pessoas físicas, dificultando a adoção de práticas de rastreabilidade.

Os produtores de milho negociam com empresas intermediárias, que nem sempre compartilham informações detalhadas sobre a origem dos grãos, como notas fiscais e conhecimento de transporte, o que dificulta a rastreabilidade completa da cadeia de fornecimento.

A ampliação da rastreabilidade do milho para fins de elegibilidade no RenovaBio esbarra menos em limitações técnicas e mais em desafios estruturais da cadeia produtiva brasileira. O principal deles é a fragmentação da produção. Uma parcela relevante do milho é produzida por vários produtores, muitas vezes sem sistemas padronizados de registro, o que dificulta o acompanhamento da origem, das práticas agrícolas e das emissões associadas. O milho destinado ao mercado interno — especialmente para ração e etanol — circula por múltiplos intermediários, tornando o rastreio mais complexo.

Outro aspecto relevante diz respeito à logística e à armazenagem. Grande parte do milho é armazenada em estruturas compartilhadas, como silos de cooperativas ou *tradings*, onde ocorre a mistura de grãos de diferentes origens. Esse processo, embora eficiente do ponto de vista operacional, compromete a segregação necessária para garantir a rastreabilidade exigida na certificação ambiental. Mesmo quando o milho é rastreável na origem, essa informação pode se perder ao longo da cadeia.

Há também desafios relacionados à padronização e à digitalização das informações. A rastreabilidade depende de dados confiáveis sobre uso de insumos, produtividade, localização e práticas agrícolas. Nesse sentido, a adoção de sistemas mais integrados entre produtores, armazenadores e usinas pode contribuir para ampliar a continuidade e a consistência das informações utilizadas nos processos de rastreabilidade e certificação.

Os custos de implementação são outro fator relevante. A adoção de sistemas de rastreabilidade, certificação e auditoria pode ser onerosa, especialmente para produtores menores. Nesse contexto, a utilização de soluções compartilhadas de gestão e rastreabilidade por cooperativas, associações e demais agentes agregadores, bem como o aproveitamento e a integração de bases de dados e registros já existentes, podem reduzir custos individuais e facilitar a participação desses produtores no processo de certificação.

A heterogeneidade da produção de milho, que abrange diferentes regiões, sistemas produtivos e níveis tecnológicos, constitui aspecto relevante para os processos de certificação e rastreabilidade. Nesse sentido, a ANP já desenvolveu procedimentos específicos para o acompanhamento da cadeia de custódia de grãos e óleos vegetais no âmbito do RenovaBio, a exemplo do Informe Técnico nº 06/SBQ, que estabelece mecanismos para identificação e comprovação da origem e das quantidades de biomassa comercializadas e utilizadas. Considerando, contudo, a complexidade e a multiplicidade de agentes envolvidos nessa cadeia, permanece relevante o contínuo aprimoramento desses mecanismos, inclusive por meio do desenvolvimento e da integração de sistemas que facilitem o registro, a transmissão e a verificação das informações ao longo da cadeia de fornecimento.





Por fim, o alinhamento de incentivos entre os diferentes agentes da cadeia constitui aspecto relevante para a ampliação da rastreabilidade. A Lei nº 15.082/2024 representou avanço nesse sentido ao prever a participação dos produtores de biomassa nas receitas decorrentes da comercialização dos CBIOS. Para a cana-de-açúcar, a Lei estabeleceu percentuais mínimos de participação nas receitas, enquanto, para as demais biomassas, incluindo o milho, assegurou ao produtor elegível e inserido na certificação o direito a parcela da receita, a ser livremente pactuada entre os agentes privados. Nesse contexto, há oportunidade de avaliar a efetividade desse mecanismo para a cadeia do milho e identificar medidas que possam ampliar a participação dos produtores na certificação e os incentivos à disponibilização das informações necessárias à rastreabilidade.

A sugestão é aprimorar a aplicação da rastreabilidade por balanço de massa já prevista nos procedimentos de cadeia de custódia estabelecidos pela ANP, buscando ampliar sua efetividade e facilitar sua operacionalização na cadeia do milho. Esse aprimoramento pode envolver, entre outros aspectos, maior integração e digitalização dos registros e o desenvolvimento de sistemas que facilitem o fluxo e a verificação das informações entre os diferentes elos da cadeia, preservados os requisitos de integridade, auditabilidade e prevenção à dupla contagem aplicáveis ao RenovaBio.

Na prática, esse sistema permite que matérias-primas com diferentes origens — rastreáveis e não rastreáveis — sejam misturadas ao longo da cadeia logística, desde que haja um controle rigoroso das quantidades e das características associadas a cada lote. Assim, não é necessária a segregação física integral da matéria-prima, mas deve ser assegurada a adequada conciliação entre entradas e saídas, conforme os requisitos aplicáveis à cadeia de custódia.

O funcionamento segue uma lógica semelhante à de um “estoque contábil”. Quando um agente da cadeia (por exemplo, uma usina de biodiesel ou etanol) adquire uma determinada quantidade de matéria-prima certificada, ele “carrega” esse volume com atributos de sustentabilidade (como menor intensidade de carbono ou conformidade com critérios ambientais). Mesmo que esse volume seja misturado com outros não certificados, o sistema garante que apenas a quantidade equivalente certificada possa ser “reivindicada” na saída.

Por exemplo: se uma usina compra 100 toneladas de soja rastreável e 900 toneladas não rastreáveis, ela pode misturar tudo no processo produtivo. No entanto, ao final, apenas o biodiesel equivalente àquelas 100 toneladas iniciais poderá ser considerado como “sustentável” ou elegível para fins de certificação (como geração de CBIOS). Não é possível “multiplicar” esse atributo — o sistema impede dupla contagem.

Esse modelo pode contribuir para reduzir dificuldades e custos associados à segregação física em cadeias caracterizadas por grande escala e utilização compartilhada de estruturas de armazenagem e logística. Ao permitir a mistura física, o balanço de massa reduz custos operacionais e amplia a viabilidade da rastreabilidade em larga escala.

Por outro lado, ele traz desafios importantes. O sistema depende fortemente de controle documental, auditorias e sistemas confiáveis de gestão de dados, já que a garantia não está no produto físico em si, mas nos registros da cadeia produtiva. Isso exige governança robusta, padronização de informações e fiscalização eficaz para evitar fraudes ou inconsistências. Nesse aspecto, há oportunidade de aprimoramento por meio da maior padronização, digitalização e integração desses registros entre produtores, intermediários e produtores de biocombustíveis, facilitando a conciliação e a verificação das informações.



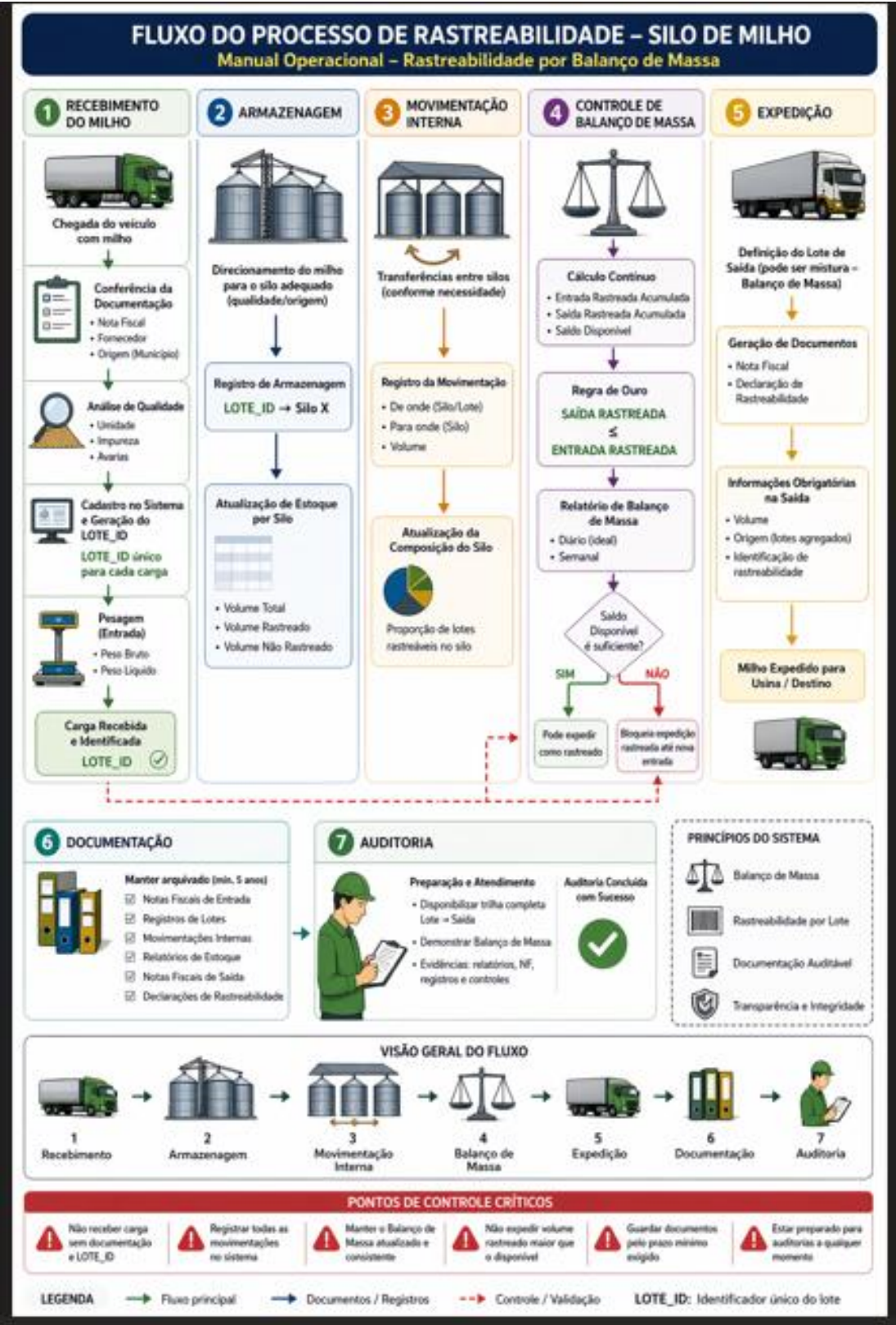


Além disso, do ponto de vista conceitual, o balanço de massa não garante que o produto final consumido seja fisicamente derivado de uma matéria-prima sustentável — apenas assegura que, em termos agregados, aquela quantidade foi produzida e inserida na cadeia. Por isso, alguns mercados mais exigentes ainda preferem modelos de segregação total, embora sejam mais caros e menos escaláveis.

Em síntese, o balanço de massa constitui mecanismo já previsto nos procedimentos de cadeia de custódia de grãos e óleos vegetais no âmbito do RenovaBio. A oportunidade de aprimoramento está, sobretudo, em facilitar sua operacionalização em cadeias complexas e com múltiplos agentes, por meio do aperfeiçoamento, digitalização e integração dos mecanismos de registro, controle e transmissão das informações ao longo da cadeia. A figura 3 apresenta uma proposta de fluxo para o aprimoramento da rastreabilidade do milho, gerado com auxílio de inteligência artificial, com base em informações e sugestões inseridas por representantes da cadeia produtiva, *tradings* e com metodologias utilizados em pesquisa de melhoramento genético de grãos.



Figura 3 – Sugestão para aprimoramento do processo de rastreabilidade para o milho



Fonte: Criado por IA com base em dados do estudo realizado pela Infra S.A.



4.2. Biodiesel

Os desafios de rastreabilidade na produção de biodiesel no Brasil são, em muitos aspectos, mais complexos do que no caso do milho para etanol, principalmente em razão da diversidade de matérias-primas e das diferentes configurações de suas cadeias de fornecimento. Soja, sebo bovino, óleo de algodão, palma e resíduos, como o óleo de cozinha usado, apresentam estruturas distintas quanto ao número de agentes envolvidos, formas de comercialização, armazenamento e transporte. Essa heterogeneidade resulta em diferentes graus de complexidade para a comprovação da origem das matérias-primas e, consequentemente, para a ampliação dos volumes elegíveis no âmbito do RenovaBio. No caso da soja, embora exista um grau relativamente avançado de monitoramento — impulsionado por exigências do mercado internacional, como critérios ESG e acordos de não desmatamento — ainda há desafios relevantes. A rastreabilidade completa até o nível da fazenda nem sempre é garantida, especialmente quando há múltiplos intermediários, cooperativas e *tradings* envolvidas. Além disso, a mistura de grãos em armazéns e durante o transporte compromete a segregação necessária para assegurar a origem certificada do produto, o que impacta diretamente a elegibilidade no RenovaBio.

O sebo bovino é considerado um resíduo no RenovaBio, por ser um subproduto da indústria frigorífica. Já no caso de resíduos, como óleo de cozinha usado, o principal entrave é a informalidade. A coleta é pulverizada, muitas vezes realizada por pequenos agentes ou redes pouco estruturadas, sem registros padronizados. Isso dificulta a comprovação de origem e volume, além de aumentar o custo de certificação.

Outro desafio transversal é a gestão e integração de dados. A comprovação da rastreabilidade depende da disponibilidade e manutenção de informações confiáveis sobre origem, volume, transporte e processamento das matérias-primas entre os diferentes agentes envolvidos. Nesse contexto, a maior integração e digitalização das informações ao longo da cadeia constitui oportunidade de aprimoramento, especialmente nas cadeias mais pulverizadas, podendo facilitar a comprovação da origem das matérias-primas e ampliar os volumes passíveis de comprovação dos critérios de elegibilidade.

Os custos de implementação também são uma barreira importante. Sistemas de rastreabilidade, certificações e auditorias exigem investimentos que nem todos os fornecedores estão dispostos ou conseguem fazer. Nesse contexto, constitui oportunidade de melhoria avaliar mecanismos que facilitem a geração, manutenção e transmissão das informações necessárias à comprovação da elegibilidade ao longo da cadeia, buscando reduzir custos de transação e ampliar a participação de matérias-primas rastreáveis, sem reduzir a robustez dos critérios estabelecidos pelo RenovaBio.

Por fim, há desafios regulatórios e metodológicos. A avaliação das emissões ao longo do ciclo de vida exige metodologias consistentes e adaptadas às especificidades das diferentes matérias-primas e rotas produtivas. No caso do biodiesel, SAF, diesel verde e outros biocombustíveis que podem ser produzidos a partir de múltiplas matérias-primas e processos, essa heterogeneidade aumenta a complexidade regulatória e metodológica e pode elevar os custos administrativos e técnicos associados ao desenvolvimento, atualização, implementação e supervisão das ferramentas e procedimentos de certificação pela ANP.





Em síntese, os principais desafios para a rastreabilidade no biodiesel envolvem a diversidade e heterogeneidade das matérias-primas, a mistura ao longo da cadeia logística, a informalidade em cadeias de resíduos, a dificuldade de integração de dados, os custos de certificação — fatores que limitam a expansão do volume elegível no contexto do RenovaBio e exigem soluções coordenadas entre setor público e privado.

Os desafios para a produção de biodiesel no Brasil estão concentrados, sobretudo, na base de matérias-primas, na estrutura de custos e na própria dinâmica regulatória do setor. O primeiro e mais relevante ponto é a forte dependência da soja como principal insumo. Embora o país tenha ampla disponibilidade dessa cultura, essa concentração torna o biodiesel sensível às oscilações de preço do grão, que é uma *commodity* global altamente demandada para exportação e alimentação animal. Em momentos de alta no mercado internacional, o custo da matéria-prima pressiona a competitividade do biodiesel frente ao diesel fóssil.



5

FUNCIONAMENTO DA PLATAFORMA CBIO





5. FUNCIONAMENTO DA PLATAFORMA CBIO

O setor de transportes é responsável por grande parte do consumo de energia final no Brasil e responde por uma parcela significativa das emissões de GEE. Nesse cenário, o RenovaBio contribui para a substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis como etanol, biodiesel e biometano, vetores energéticos para um transporte mais limpo.

Dentro do programa, os produtores e importadores de biocombustíveis são os responsáveis por gerar os créditos de descarbonização (CBIOS), que representam a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) alcançada pela produção do biocombustível. A geração ocorre após o processo de certificação da produção, baseado na intensidade de carbono (gCO_2/MJ) calculada para cada planta produtora. Quanto mais eficiente e sustentável a produção, maior o número de CBIOS gerados. Assim, os produtores/importadores são a base ambiental do programa, pois são eles que geram os créditos que viabilizam a redução das emissões. Os produtores são responsáveis diretos pela oferta de CBIOS no mercado, que devem ser adquiridos compulsoriamente pelas empresas de distribuição de combustíveis, tornando tangível o incentivo econômico à produção sustentável de biocombustíveis.

O mercado de CBIOS exige a atuação direta de instituições financeiras, para garantir integridade e liquidez. Bancos e corretoras atuam como escrituradores, responsáveis pela formalização da emissão e registro dos créditos. A Bolsa de Valores (B3) é responsável pela infraestrutura de custódia, negociação e liquidação dos CBIOS. Opera o Balcão B3, onde os créditos são comprados e vendidos. Proporciona transparência nos preços, volumes e estoques disponíveis.

Os distribuidores de combustíveis têm que adquirir CBIOS para comprovar o cumprimento de metas individuais de descarbonização definidas anualmente pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), com base na sua participação no mercado de combustíveis do ano anterior. Ao comprar CBIOS no mercado, os distribuidores internalizam o custo ambiental de suas operações e ajudam a viabilizar economicamente o programa. O sucesso do RenovaBio depende de um equilíbrio entre esses dois grupos de agentes: produtores e distribuidores. Uma oferta insuficiente de CBIOS ou metas desalinhadas às previsões de mercado pode gerar distorções de preços e prejudicar a funcionalidade do programa. Nesse contexto, é importante destacar que, embora os distribuidores sejam formalmente responsáveis pela aquisição dos CBIOS, o custo financeiro dessa obrigação é repassado ao consumidor final. Isso ocorre porque os distribuidores ajustam o preço dos combustíveis para incorporar os gastos com a compra dos créditos, fazendo com que o encargo ambiental internalizado na cadeia se reflita diretamente no valor pago pelo usuário na bomba. A Plataforma CBIO é um sistema digital que garante rastreabilidade e segurança jurídica nas emissões de CBIOS, integrando produtores, distribuidores, instituições financeiras (escrituradores) e ANP. Permite o controle regulatório da ANP sobre a emissão e aposentadoria dos títulos e oferece transparência pública dos dados do RenovaBio.





A geração de CBIOS ocorre a partir da comercialização de biocombustíveis certificados, formalmente comprovada por notas fiscais eletrônicas (NF-e) validadas na Plataforma CBIO. Quando o biocombustível é vendido, a NF-e é registrada na Plataforma, que valida a conformidade com os critérios do programa e calcula a quantidade de CBIOS passível de emissão — baseada na diferença entre a pegada de carbono do combustível fóssil substituído e a do biocombustível comercializado. Após validação pela ANP, o lastro é disponibilizado na conta do emissor, permitindo que o produtor solicite a emissão dos créditos pelo escriturador. Assim, a NF-e funciona como instrumento-chave para rastreabilidade e integridade ambiental, garantindo que apenas volumes efetivamente comercializados e certificados gerem créditos de descarbonização. Os principais agentes e funções estão descritos na tabela a seguir:

Tabela 3 – Agentes e funções na compra e venda de CBIOS

Agente	Função no Fluxo
Produtor de biocombustível	Emite o CBIOS (certificação + venda)
Plataforma CBIO	Garante rastreabilidade e gestão dos registros
Escriturador (banco/corretora)	Valida documentos, registra e administra CBIOS
B3 (Bolsa)	Ambiente de negociação
Distribuidor de combustíveis	Obrigações de compra e aposentadoria de CBIOS
Investidor voluntário	Compra CBIOS para fins de compensação ou ESG ou investimento

Fonte: Elaboração própria.

Escrituradores são instituições financeiras com cadastro prévio e autorização da Comissão de Valores Mobiliários (CVM) ou do Banco Central (BACEN), atendendo ao disposto na Portaria Normativa nº 56/GM/MME/2022. São responsáveis pela emissão formal, escrituração e guarda dos CBIOS no sistema de negociação da bolsa (B3). São geralmente bancos ou corretoras de valores mobiliários, que atuam como agentes fiduciários do emissor (o produtor de biocombustível certificado).

Para escrituração do Crédito de Descarbonização (CBIO), é necessário o cadastro prévio da instituição financeira na Comissão de Valores Mobiliários (CVM) ou no Banco Central do Brasil (BC), atendendo ao disposto na Portaria Normativa nº 56/GM/MME/2022. As instituições financeiras que desejam atuar como escrituradoras devem seguir também as regras da B3 para registro e liquidação das transações.





Sempre que um lote de pré-CBIO para escrituração é gerado, o escriturador recebe um e-mail com as informações. Em seguida, o escriturador entra na plataforma para fazer o registro do código do CBIO correspondente ao lote, que então pode ser negociado no mercado, por meio da Balcão B3. Cada usina escolhe seu escriturador com base em critérios como custo, agilidade, suporte técnico e integração digital. As principais funções dos escrituradores na emissão de CBIOs podem ser resumidos na tabela a seguir:

Tabela 4 – Emissão de CBIOs – Funções dos escrituradores

Função	Detalhes
Escrituração	Registro eletrônico dos CBIOs no sistema da B3
Custódia	Guarda fiduciária dos títulos até sua negociação ou aposentadoria
Auditoria e Compliance	Verificação as informações dos produtores antes do registro na plataforma CBIO
Interface com a B3 e ANP	Garantia de que os títulos seguem as regras regulatórias

Fonte: Elaboração própria.

Em seguida, um escriturador (banco ou corretora autorizada), contratado pelo produtor, valida os dados e registra formalmente os CBIOs na B3. Cada CBIO é então depositado em uma conta de custódia aberta na B3 para o produtor. Os CBIOs são negociados em Bolsa de forma não identificada, ou seja, não se sabe o vendedor e nem o comprador. Os distribuidores comprem para atender às metas obrigatórias e os agentes não obrigados (empresas ou pessoas físicas) podem comprar para outros fins, como ESG ⁴, compensação de emissões, investimento etc. A aposentadoria consiste em formalizar a retirada de circulação dos créditos registrados na B3, ou seja, eles não podem mais ser negociados. Esse ato é registrado no sistema da B3, e a informação é comunicada à ANP, que valida se a parte obrigada atingiu sua meta anual de redução de emissões.

Na plataforma CBIO é possível, ainda, consultar CBIOS disponíveis e aposentados, verificar cumprimento de metas e cadastrar contratos de longo prazo, sendo que esta última funcionalidade passou a ser disponível em dezembro de 2024. Também é disponibilizado um tutorial com as descrições das funcionalidades da Plataforma CBIO.

O RenovaBio estruturou um mecanismo de mercado voltado à descarbonização do setor de combustíveis, integrando produtores e importadores de biocombustíveis, distribuidores, instituições financeiras e a infraestrutura de negociação. Por meio dos CBIOs, a política atribui valor econômico à eficiência energético-ambiental dos biocombustíveis e estabelece um mecanismo verificável para comprovação do cumprimento das metas de descarbonização. A Plataforma CBIO integra essa estrutura ao permitir o registro, o acompanhamento e o controle das informações necessárias à geração de lastro, contribuindo para a transparência, a integridade e o monitoramento do funcionamento da política.

⁴ ESG é a sigla para Environmental, Social and Governance (Ambiental, Social e Governança, em português). Trata-se de um conjunto de critérios usados para avaliar a sustentabilidade e responsabilidade social de empresas, organizações e investimentos. O conceito tem ganhado grande relevância nos últimos anos entre investidores, empresas e reguladores.



**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO PROGRAMA
RENOVABIO E DA PLATAFORMA CBIO NO SETOR
DE TRANSPORTES DA PLATAFORMA CBIO**

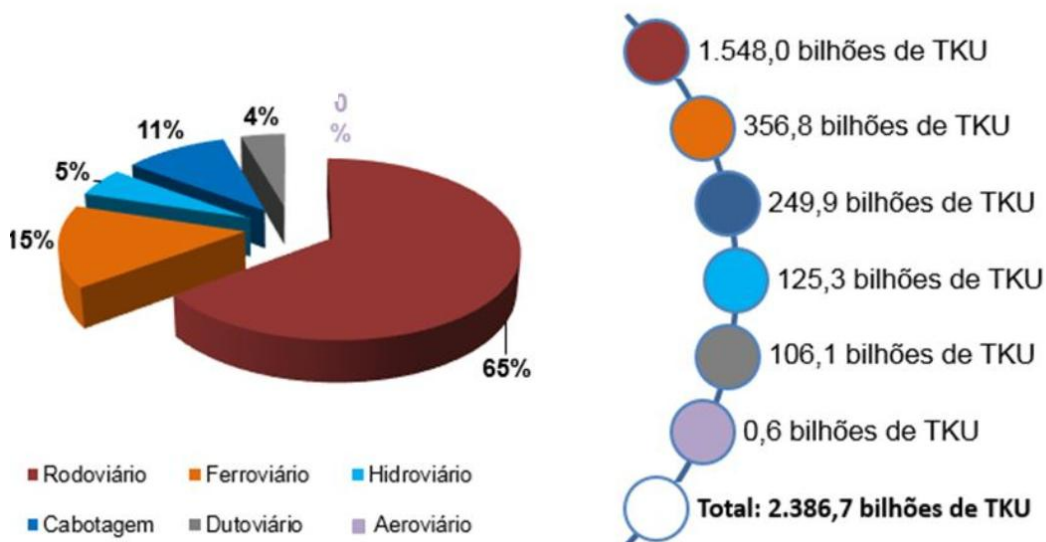




6. AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO PROGRAMA RENOVABIO E DA PLATAFORMA CBIO NO SETOR DE TRANSPORTES

A matriz de transportes do Brasil, entre 2020, ano de início do RenovaBio, e 2024, manteve uma predominância do modo rodoviário, com esforços recentes para diversificação e maior equilíbrio entre os modais. Segundo dados do Plano Nacional de Logística (PNL) 2025, a distribuição da matriz de transportes de cargas no Brasil em 2015 se dá conforme figura 4, em termos de TKU (tonelada-quilômetro útil). Esses números indicam uma leve tendência de diversificação em relação a anos anteriores, quando o modo rodoviário chegava a representar até 70% do transporte de cargas.

Figura 4 – Distribuição do modo de transportes no Brasil em 2015



Fonte: PNL 2025.

O Plano Nacional de Logística (PNL) 2035, traz a distribuição dos modos de transporte, em milhões de TKU, divididos em 2 cenários, que podem ser vistos na tabela abaixo, com os empreendimentos previstos e inovações tecnológicas. Ambos os cenários, mostram uma diversificação da matriz brasileira de transporte, com redução da participação do modo rodoviário. Outros cenários foram previstos no PNL 2035, considerando por exemplo propostas da sociedade e do mercado.





Tabela 5 – Cenários de distribuição dos modos de transportes no Brasil

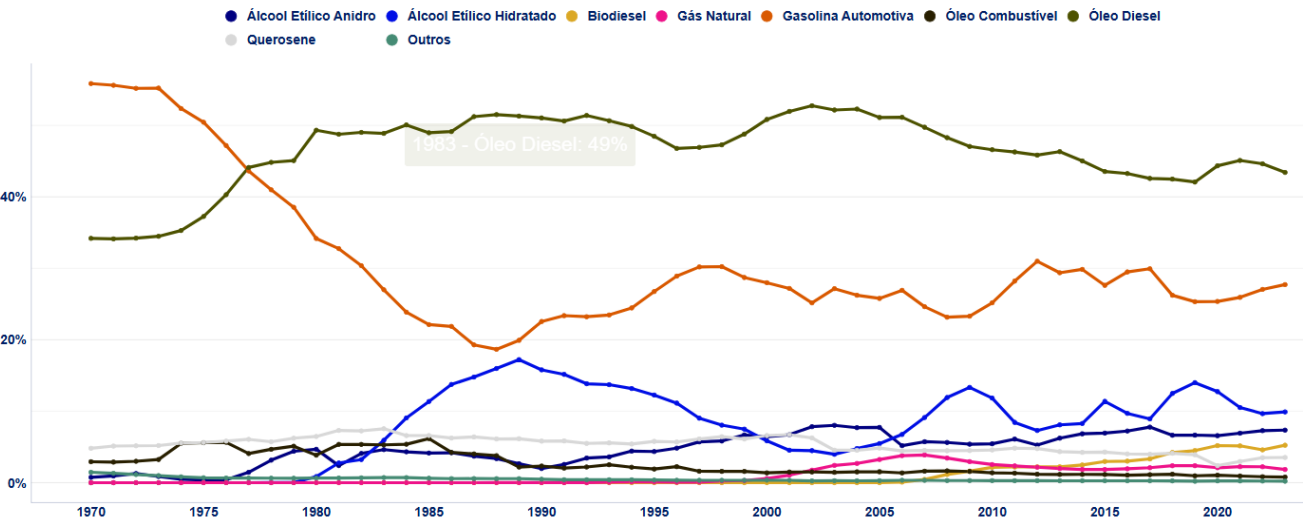
Modo	Cenário 1 – Empreendimentos em Andamento - Referencial		Cenário 2 – Empreendimentos Previstos - Referencial	
	TKU (bilhões)	Percentual da matriz	TKU (bilhões)	Percentual da matriz
Rodoviário	1.869,70	54,54%	1.852,79	51,36%
Ferrovário	1.052,66	30,71%	1.248,79	34,62%
Cabotagem costeira	303,12	8,84%	305,24	8,46%
Navegação em vias interiores	154,25	4,50%	151,97	4,21%
Dutoviário	46,75	1,36%	46,75	1,30%
Aeroviário	1,74	0,05%	1,74	0,05%
Total	3.428,22	100%	3.607,27	100%

Observação: Navegação em vias interiores inclui a cabotagem em vias interiores e navegação de longo curso em vias interiores.

Fonte: PNL 2025.

A matriz energética do setor de transportes no Brasil, conforme os dados do Balanço Energético Nacional (BEN) Interativo, publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), apresenta a evolução de 2020 a 2023. Ao longo desse período, o setor de transportes brasileiro continuou sendo predominantemente dependente de combustíveis fósseis, especialmente o diesel e a gasolina. No entanto, observou-se um crescimento no uso de biocombustíveis, como o etanol e o biodiesel, impulsionado por políticas públicas como o RenovaBio e o aumento do teor de biodiesel no diesel comercializado (B12 a partir de abril de 2023). Mesmo com o aumento do consumo dos biocombustíveis, conforme mostrado no gráfico 1, o consumo de etanol anidro e biodiesel se manteve estável em relação à composição da matriz, com 7% e 5% respectivamente. Isso se dá ao fato do aumento do consumo de gasolina de 25% em 2020 para 28% em 2023, enquanto o etanol hidratado apresentou queda de 13% para 11%. Entretanto a participação na matriz de combustíveis caiu, pois houve um aumento do consumo de gasolina.

Gráfico 1 – Matriz energética do setor de transportes 1970 a 2023



Fonte: BEN Interativo.





Quando o recorte dos dados é feito para o modo rodoviário, de 2020 a 2023, o consumo de biodiesel se mantém em 5%, o de etanol anidro aumenta de 7% para 11% e o de etanol hidratado cai de 13% para 11%. Apesar da leve oscilação na participação de fontes renováveis, a produção e o investimento em biocombustíveis vêm aumentando ao longo dos anos do RenovaBio. O Brasil tem buscado estratégias para aumentar a sustentabilidade no setor de transportes, como: 1) Incentivo à produção e uso de biocombustíveis, via programa RenovaBio. 2) Investimentos em infraestrutura para modos de transporte mais eficientes, como ferrovias e hidrovias conforme previsto no PNL 2025. 3) Promoção de tecnologias veiculares mais limpas e eficientes, via Programa Mobilidade Verde e Inovação (Mover). Essas ações visam, não apenas reduzir as emissões de gases de efeito estufa, mas também diversificar a matriz energética do setor de transportes, alinhando-se aos compromissos internacionais de sustentabilidade e à transição energética global.

Conforme o relatório completo do Balanço Energético Nacional 2024, nos últimos 10 anos, o Brasil tem feito uma significativa transformação na matriz energética, com uma queda na participação de petróleo e derivados, que passou de 39,2% para 35,1%, e do gás natural, de 13,5% para 9,6% no período. A mudança aponta os avanços do país na diversificação e sustentabilidade da oferta energética nacional, via programas de incentivo aos biocombustíveis, com 24% de participação em 2023, apontados pelo BEN 2024.

6.1. RenovaBio, mercado de CBIOS e sua relação com a formação dos preços dos combustíveis

O mercado de CBIOS — Créditos de Descarbonização criados no âmbito do RenovaBio — impacta o preço dos combustíveis de forma indireta, por meio da internalização de um custo de carbono na cadeia de distribuição.

As metas individuais de descarbonização são atribuídas aos distribuidores proporcionalmente à sua participação na comercialização de combustíveis fósseis, de modo que a obrigação acompanha o respectivo *market share*. Assim, considerando condições equivalentes de cumprimento e adequado planejamento e provisionamento para aquisição dos CBIOS, o desenho da política distribui proporcionalmente a obrigação entre os agentes, evitando que determinado distribuidor suporte, em razão da metodologia de definição das metas, carga proporcionalmente superior à de seus concorrentes. A aquisição dos CBIOS integra os custos associados ao cumprimento da obrigação regulatória, mas sua eventual repercussão sobre os preços finais depende da estrutura de custos, da estratégia de aquisição dos créditos, das condições de mercado e da dinâmica concorrencial. Dependendo do preço do CBIO no mercado e do nível das metas, esse impacto pode variar, representando alguns centavos por litro.

Ao mesmo tempo, há um efeito de compensação importante. Os CBIOS geram uma receita adicional para os produtores de biocombustíveis, que passam a monetizar a eficiência ambiental de sua produção. Isso pode aumentar a oferta de etanol, biodiesel e outros biocombustíveis ao longo do tempo, pressionando seus preços para baixo ou evitando altas mais acentuadas. Assim, enquanto o combustível fóssil tende a encarecer marginalmente, o renovável pode se tornar mais competitivo.

Esse mecanismo cria um sinal econômico claro: quanto maior a intensidade de carbono do combustível, maior tende a ser seu custo relativo. Com isso, o mercado de CBIOS induz uma mudança gradual na formação de preços, favorecendo combustíveis mais limpos. No limite, isso pode reduzir o preço médio pago pelos consumidores se houver substituição relevante por biocombustíveis mais baratos.





Outro ponto importante é a volatilidade do preço dos CBIOs. Como eles são negociados em mercado, seu valor depende da oferta (produção de biocombustíveis certificados) e da demanda (metas dos distribuidores). Em períodos de escassez de CBIOs ou aumento das metas, o preço do crédito sobe, elevando o custo para os distribuidores e, potencialmente, o preço final dos combustíveis. Por outro lado, quando há excesso de oferta de CBIOs, o impacto sobre os preços tende a ser menor.

No segmento do etanol, a capacidade instalada de processamento caminha para uma expansão baseada na descentralização e no aproveitamento plurianual da infraestrutura. O setor consolidou o aumento obrigatório da mistura de etanol anidro na gasolina comum para o patamar de 30% (E30), gerando um acréscimo estimado de demanda de 1,5 bilhão de litros e induzindo novos investimentos. Historicamente dependente da primeira geração (1G) baseada na cana-de-açúcar, o setor sucroenergético registra o avanço acelerado do etanol de milho na região Centro-Oeste através do aproveitamento da safrinha e da implantação de usinas dedicadas ou em formato flex. Dados da ANP de julho de 2026, revelam a tramitação de 35 processos de ampliação e 33 novas construções que, se integralmente autorizados, devem acrescer a capacidade diária de produção de etanol hidratado em 26.908 m³/dia e de anidro em 22.534 m³/dia. O desenvolvimento tecnológico abrange, em menor escala comercial, plantas anexas de segunda geração (2G) baseadas em resíduos celulósicos de palha e bagaço e projetos experimentais em rede como o programa voltado ao processamento de agave no semiárido nordestino. Os incentivos econômicos do setor dão-se por canais oficiais de fomento, a exemplo das debêntures incentivadas aprovadas pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e de linhas de crédito como o BNDES RenovaBio, o qual bonifica empresas com redução de juros conforme a melhoria em suas Notas de Eficiência Energético-Ambiental (NEEA).

A dinâmica de expansão da cadeia de biodiesel mantém-se predominantemente sustentada pelo óleo extraído do complexo soja, que perfaz mais de 70% do suprimento nacional. A retomada da trajetória de elevação do teor obrigatório de biodiesel no diesel levou ao atual patamar de 15% (B15), enquanto a Lei nº 14.993/2024 ampliou para até 25% o limite legal de adição obrigatória de biodiesel ao diesel, condicionada a evolução dos teores às avaliações e requisitos previstos no marco legal. Essa trajetória amplia a demanda pelo biocombustível e confere maior previsibilidade para o planejamento e os investimentos da cadeia produtiva. Segundo dados da ANP de julho de 2026, o mapeamento regulatório e industrial registra 17 processos em andamento para ampliação de usinas e 18 novas instalações em construção, com capacidade potencial de acrescentar mais de 17.000 m³/dia à capacidade nacional autorizada. No âmbito da diversificação de insumos, a cadeia absorve subprodutos da indústria frigorífica, como o sebo bovino, em estados com pecuária de corte consolidada, além de responder à Resolução CNPE nº 13/2024 e a Portaria Interministerial MMA/MME nº 3/2026, que estimulam o pré-tratamento e o reaproveitamento de óleos e gorduras residuais (OGRs) coletados em centros urbanos. Uma das estratégias adotadas por grandes corporações para reduções expressivas na pegada de carbono operacional e melhoria do perfil de sustentabilidade da cadeia produtiva, consiste no uso voluntário de biodiesel puro (B100) em frotas logísticas próprias de transporte pesado.





No tocante ao biometano, os registros oficiais revelam um movimento acelerado de industrialização de resíduos orgânicos. Segundo dados da ANP de julho de 2026, o parque de processamento regulado pela ANP computava 48 plantas industriais em fase de construção frente às 21 instalações autorizadas em operação no país. A tipificação das fontes produtoras indica a liderança do biogás captado em aterros sanitários urbanos, acompanhado por resíduos agrossilvopastoris, dejetos de suinocultura e subprodutos do refino sucroenergético, como a vinhaça e a torta de filtro. A expansão de projetos é resguardada por benefícios tributários federais, como o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI), que suspende alíquotas de PIS/PASEP e COFINS incidentes sobre bens e obras de engenharia do setor. A estruturação da comercialização é reforçada pelas diretrizes de descarbonização do mercado de gás e pela criação do Certificado de Garantia de Origem de Biometano (CJOB), complementado por planos estatais em consolidação, como o Plano Nacional de Incentivo à Injeção de Biometano na Rede de Gás Natural (PNIIGB), que visam a superação de entraves logísticos e a integração das plantas de purificação às malhas de transporte dutoviário do país.

Em síntese, o mercado de CBIOs tende a ter um efeito duplo: de um lado, eleva marginalmente o preço dos combustíveis fósseis ao incorporar o custo de carbono; de outro, estimula a expansão e competitividade dos biocombustíveis, o que pode reduzir o custo médio do sistema no médio e longo prazo. O resultado para o consumidor depende do equilíbrio entre esses dois efeitos, mas a lógica central do mecanismo é deslocar o sistema para uma matriz mais limpa, ainda que com algum custo de transição.





ANÁLISE DE EXPANSÃO DO PROGRAMA RENOVABIO





7. ANÁLISE DE EXPANSÃO DO PROGRAMA RENOVBIO

A evolução do RenovaBio apresenta oportunidades associadas à incorporação de novas rotas e biocombustíveis, ao avanço da rastreabilidade e à articulação com outros instrumentos da política energética e climática. Desde sua implementação, o programa consolidou um mecanismo de descarbonização baseado em metas nacionais e individuais, certificação da eficiência energético-ambiental e utilização dos CBIOS para comprovação do cumprimento das metas. A continuidade desse processo deve preservar os fundamentos e a previsibilidade da política, ao mesmo tempo em que acompanha a evolução tecnológica e produtiva do setor de biocombustíveis. Do ponto de vista das oportunidades, há um espaço relevante para expansão tanto horizontal quanto vertical do RenovaBio. Horizontalmente, o programa já contempla diferentes rotas na RenovaCalc como biodiesel, etanol de cana, etanol de milho, biometano e HEFA/SAF, além de outras combinações de matéria-prima e rota produtiva. O diesel verde (HVO), embora previsto no marco legal do Combustível do Futuro, ainda depende de regulamentação específica para ser plenamente incorporado ao arranjo operacional do programa. Verticalmente, há espaço para aprofundar a rastreabilidade, a qualidade dos dados e a certificação ao longo da cadeia, com maior integração entre produtores agrícolas, tradings, processadores e unidades produtoras, o que tende a aumentar a robustez metodológica, reduzir incertezas regulatórias e ampliar a segurança para investimentos. A eventual entrada de novas rotas e o aperfeiçoamento da certificação podem, ainda, reforçar a demanda por CBIOS e fortalecer o sinal econômico da descarbonização em setores de difícil abatimento, como aviação e transporte pesado.

Outro vetor importante de oportunidade está na integração do RenovaBio com mercados internacionais de carbono. À medida que cresce a pressão global por descarbonização, há potencial para que os CBIOS ou instrumentos equivalentes sejam reconhecidos em mercados externos. Isso exigiria harmonização metodológica e poderia posicionar o Brasil como um player relevante na oferta de créditos de baixo custo, dada sua vantagem comparativa na produção de biocombustíveis.

A descarbonização do setor de transportes envolve diferentes políticas e instrumentos, que podem atuar de forma complementar ao RenovaBio, incluindo medidas de eficiência energética, eletrificação, inovação tecnológica e mudanças modais. A articulação entre esses instrumentos pode potencializar seus resultados e contribuir para uma estratégia mais ampla de redução de emissões. Nesse contexto, identifica-se como oportunidade de aprimoramento o fortalecimento da coordenação entre as diferentes políticas, órgãos e esferas de governo envolvidos na agenda de descarbonização.

Em síntese, a evolução do RenovaBio apresenta oportunidades de aprimoramento e ampliação de seu alcance. Entre as principais oportunidades identificadas, destacam-se: (1) ampliar e atualizar as matérias-primas, tecnologias e rotas produtivas contempladas pelo programa, acompanhando a evolução do setor; (2) aprimorar a rastreabilidade, a integração de dados e os processos de certificação; (3) avaliar possibilidades de articulação com outros instrumentos e mercados de carbono, consideradas as especificidades de cada mecanismo; (4) fortalecer a coordenação com políticas complementares de descarbonização e entre os órgãos e esferas de governo envolvidos; (5) manter a atualização das metodologias e ferramentas e o fortalecimento da capacidade institucional; e (6) preservar a estabilidade regulatória e a previsibilidade de longo prazo. Esses aprimoramentos podem ampliar o alcance e a efetividade da política e permitir que o RenovaBio acompanhe a diversificação das matérias-primas, das rotas tecnológicas e do próprio mercado brasileiro de biocombustíveis.





ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS PARA A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA





8. ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS PARA A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

A contribuição dos biocombustíveis para a sustentabilidade ambiental e a transição energética deve ser analisada a partir de uma perspectiva sistêmica, considerando tanto seus benefícios diretos na redução de emissões quanto seus efeitos indiretos sobre o uso da terra, cadeias produtivas e dinâmica energética.

Em termos ambientais, o principal atributo dos biocombustíveis é a capacidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em comparação aos combustíveis fósseis. Isso ocorre porque o carbono liberado na queima já foi previamente absorvido pelas plantas durante seu crescimento, criando um ciclo de carbono mais equilibrado. No caso brasileiro, especialmente com o etanol de cana-de-açúcar e de milho de segunda safra, essa vantagem é significativa, com reduções expressivas de emissões ao longo do ciclo de vida. Nesse sentido, os biocombustíveis são uma das formas mais imediatas e economicamente viáveis de descarbonizar setores como o transporte rodoviário, que ainda dependem fortemente de combustíveis líquidos.

O Inventário Nacional de Emissões de GEE do Brasil é um instrumento que contabiliza as emissões e remoções de gases de efeito estufa provenientes de atividades humanas, seguindo as diretrizes do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas). Ele é fundamental para monitorar metas climáticas e orientar políticas públicas, sendo estruturado em cinco setores principais: Energia, Processos Industriais, Agropecuária, Uso da Terra e Resíduos. Os dados são apresentados em CO₂ equivalente e elaborados com base em diversas fontes nacionais, como transporte e consumo energético. Desde 2024, o inventário passa por revisão internacional no âmbito do Acordo de Paris, e seus resultados são disponibilizados no SIRENE (Sistema de Registro Nacional de Emissões).

No Inventário Nacional de Emissões de GEE, as emissões provenientes dos veículos automotores rodoviários constituem uma das principais fontes do setor de energia, refletindo a significativa contribuição do transporte para o total de emissões nacionais. Essas emissões abrangem veículos leves, pesados, motocicletas e máquinas *off-road*, considerando o consumo tanto de combustíveis fósseis quanto de biocombustíveis. No caso dos gases de efeito estufa, são contabilizadas as emissões de gases como CO₂, CH₄ e N₂O. Poluentes atmosféricos, como NO_x e material particulado, são objeto de inventários e instrumentos específicos relacionados à qualidade do ar.

Segundo o relatório, apesar dos esforços para introduzir biocombustíveis como o etanol e o biodiesel, e a implementação de programas de controle de emissões e avanços tecnológicos, o aumento da frota e da quilometragem rodada têm impulsionado o crescimento absoluto das emissões do setor. Os dados do inventário são fundamentais para a formulação de políticas públicas, como o RenovaBio, além de influenciar metas de eficiência veicular e programas de inspeção ambiental. Dessa forma, o inventário evidencia a importância estratégica do setor rodoviário na matriz de emissões brasileiras e a necessidade contínua de investimentos em tecnologias limpas e no aumento da participação de combustíveis renováveis para mitigar o impacto ambiental desse segmento de transportes.

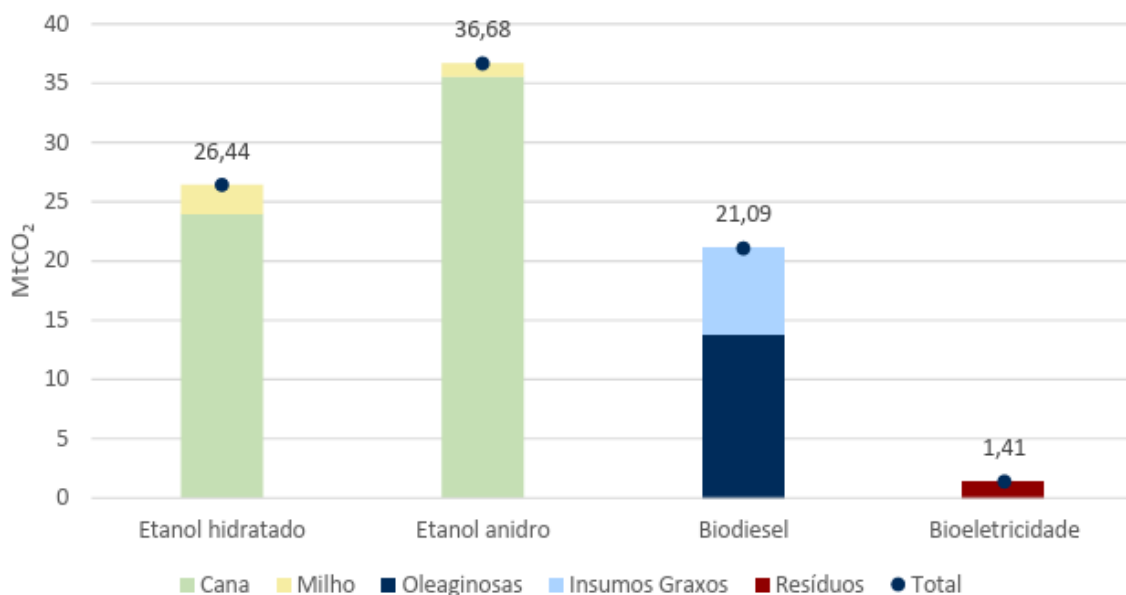




Considerando apenas o transporte rodoviário os veículos pesados de passageiros e carga (ônibus e caminhões) responderam por 57% das emissões, enquanto automóveis, caminhões leves e motocicletas contabilizaram 34%, 6% e 3%, respectivamente. A Nota Técnica (NT) EPE Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2023, por sua vez traz uma análise das emissões de gases de efeito estufa. No Brasil, o conjunto de agricultura, florestas e uso do solo (AFOLU) responde pela maior parcela das emissões brutas de GEE. O setor energético não é o principal responsável pelas emissões nacionais de GEE, mas também é preciso avançar na transição para fontes renováveis. Em 2023, a energia gerada pelas usinas de açúcar e etanol evitou a emissão de 1,41 MtCO₂, um aumento de 2,3% em relação a 2022. O documento mostra a expansão do etanol, com aumento de 15% na produção de etanol de cana entre 2020 e 2023, e apresenta aspectos relacionados à distribuição da emissão de CBIOS entre produtores e regiões.

A NT EPE com análise de conjuntura, traz as emissões evitadas decorrentes do uso de biocombustíveis e da bioeletricidade da cana em 2023, ilustradas no gráfico 2 abaixo.

Gráfico 2 – Emissões evitadas em bioenergia em 2023



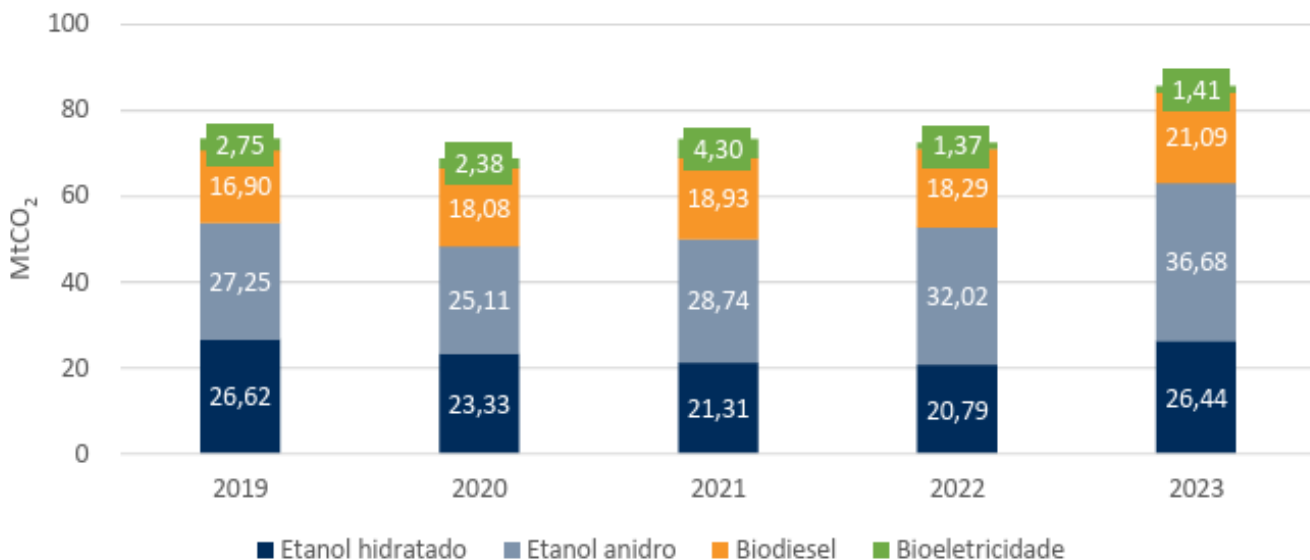
Fonte: Nota Técnica (NT) EPE Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2023





A NT EPE também apresenta o panorama dos últimos cinco anos mostrado no gráfico 3. Em 2023, o total de emissões evitadas pelo uso de bioenergia foi de 85,62 MtCO₂, valor que não apenas retoma o patamar pré-pandemia, como também o supera em 16%. A bioenergia deve ganhar ainda mais relevância com o avanço da transição energética, especialmente em função da possibilidade de mitigar emissões com biocombustíveis *drop-in* nos setores de difícil descarbonização. Esse processo deve ser impulsionado com a implementação de regulações nacionais e internacionais, tais como o Combustível do Futuro e as metas da *International Civil Aviation Organization* (ICAO) e da IMO.

Gráfico 3 – Emissões evitadas em bioenergia nos últimos 5 anos.



Fonte: Nota Técnica (NT) EPE Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2023

Por fim, o documento da EPE aponta os principais desafios para reduzir as emissões no transporte. O primeiro deles é o rastreamento e certificação da produção de biocombustíveis: A disponibilidade e a qualidade de dados primários ao longo das cadeias produtivas constituem aspectos relevantes para a determinação da intensidade de carbono e para a certificação, especialmente em cadeias com maior número de agentes e diversidade de origens das matérias-primas, como ocorre no biodiesel. Na ausência das informações necessárias, a metodologia pode exigir a utilização de dados ou perfis padrão, com efeitos sobre o resultado da avaliação de intensidade de carbono. Outro ponto citado é a dependência do sistema rodoviário, essencial para a cadeia logística, especialmente para o agronegócio. A maior demanda energética se dá por meio do diesel B, que incorpora biocombustíveis, mas ainda depende de combustíveis fósseis, o que dificulta a rápida descarbonização do setor. Outro destaque é que a produção de petróleo e seus derivados apresenta grande variabilidade nas emissões, dependendo da região, método de extração e características do óleo, o que complica as medidas de mitigação e exige maior eficiência e eletrificação das operações para redução das emissões.





A NT também aborda que é fundamental uma avaliação de ciclo de vida completa (poço-à-roda e berço-ao-túmulo) e a uniformização das metodologias para calcular os fatores de emissão e intensidade de carbono, o que ainda está em desenvolvimento. E reforça que a integração de políticas e iniciativas para a descarbonização, como o RenovaBio, Programa Mover, PBEV e Proconve, precisam ocorrer de forma integrada para garantir maior efetividade no alcance das metas de redução de gases de efeito estufa. Destaca que a certificação dos produtores de biocombustíveis no âmbito do RenovaBio é voluntária. Essa característica pode influenciar a abrangência da certificação e o volume de biocombustíveis elegível à emissão de CBIOS. Ressalta-se, contudo, que as metas individuais de descarbonização atribuídas aos distribuidores de combustíveis constituem obrigação regulatória, nos termos do arcabouço do RenovaBio. Com a promulgação da Lei nº 14.850/2024, que instituiu a Política Nacional de Qualidade do Ar, está prevista a elaboração de um novo inventário nacional de emissões atmosféricas. De acordo com o art. 14 da referida lei, o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima deverá elaborar o Plano Nacional de Gestão da Qualidade do Ar no prazo máximo de dois anos após a publicação do novo inventário. Este plano incluirá diagnósticos, proposição de cenários e metas para a execução de programas e ações visando atingir os padrões de qualidade do ar estabelecidos. Portanto, é esperado que um novo inventário, com dados mais recentes, seja publicado nos próximos anos para atender às exigências da nova legislação e fornecer informações atualizadas sobre as emissões veiculares no Brasil.

O RenovaBio tem incentivado a substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis, como o etanol e o biodiesel, promovendo uma matriz energética mais limpa. Desde sua implementação, a política contribuiu para evitar a emissão de mais de 161 milhões de toneladas de CO₂ equivalentes, de 2020 a 2024, conforme dados de emissões de CBIOS. Somente em 2024 foram emitidos 42,52 milhões de CBIOS, conforme Balanço RenovaBio. Isso representa um marco significativo no combate às mudanças climáticas no setor de transportes, que é um dos maiores emissores. Houve um crescimento na demanda por etanol, biodiesel e biometano, impulsionado por vantagens econômicas para os produtores certificados que emitem CBIOS e pela necessidade das distribuidoras em cumprir suas metas anuais.

A ampliação da participação dos biocombustíveis na matriz de transportes constitui um dos instrumentos de redução das emissões associadas ao consumo de combustíveis. O benefício ambiental efetivamente obtido, contudo, varia de acordo com a intensidade de carbono de cada biocombustível e de sua respectiva rota produtiva. Por essa razão, a avaliação das reduções de emissões deve considerar o ciclo de vida dos combustíveis e as características específicas das diferentes matérias-primas e processos produtivos, em vez da aplicação de fatores médios de redução a volumes hipoteticamente substituídos. Entretanto o estudo Análise das Emissões de Gases de Efeito Estufa e suas Implicações Para as Metas Climáticas do Brasil 1970-2023, publicado em 2024 pelo Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), aponta que as emissões do setor de transportes atingiram um recorde histórico em 2023, totalizando aproximadamente 224 milhões de toneladas de CO₂ equivalente, o que representa 44% das emissões totais de gases de efeito estufa relacionadas à energia no país. É importante ressaltar que, esse aumento é atribuído ao maior consumo de combustíveis fósseis, como diesel, gasolina e querosene de aviação, impulsionado pelo crescimento econômico e pelo aumento da demanda por transporte. Nesse contexto, a participação dos biocombustíveis na matriz de transportes contribui para reduzir a intensidade de carbono do consumo energético do setor, enquanto o RenovaBio acrescenta um sinal econômico associado à eficiência energético-ambiental dos biocombustíveis certificados. A expansão do consumo de combustíveis fósseis, entretanto, evidencia a importância da continuidade e da articulação de diferentes estratégias de descarbonização do transporte.





Apesar de uma leve elevação na participação de energias renováveis na matriz de transportes, com um aumento de 0,5 ponto percentual, as emissões ainda aumentaram significativamente devido ao maior uso de combustíveis fósseis. Para mitigar esse crescimento, o estudo sugere promover o uso de biocombustíveis, ampliar veículos com novas tecnologias de propulsão (como elétricos e híbridos), além de repensar o planejamento urbano para desenvolver cidades mais acessíveis e incentivar deslocamentos coletivos e ativos. Para o transporte de cargas, destaca-se a importância de investir em ferrovias e hidrovias, buscando reduzir a dependência das rodovias e minimizar impactos socioambientais

O estudo detalha a participação de diferentes biocombustíveis na matriz de transportes do Brasil em 2023. Houve um aumento de 6% no consumo de etanol, contribuindo para um deslocamento na matriz de transportes, que passou a incorporar uma parcela maior de energias renováveis. O uso de etanol é destacado como uma alternativa para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, especialmente na frota de veículos leves. Observou-se um incremento de 19% na utilização de biodiesel em relação a 2022, impulsionando a participação de renováveis na matriz de transporte. A expansão do biodiesel é vista como um fator importante para diminuir a dependência de combustíveis fósseis no transporte de cargas e veículos comerciais.

Apesar do crescimento na utilização de biodiesel, o diesel de petróleo ainda domina o setor de transportes, sendo responsável por uma parcela significativa do consumo de combustíveis fósseis no país. Isso se deve ao fato do transporte de carga e de passageiros no país, apesar de sua extensão continental, ser feito majoritariamente pelo modal rodoviário. Além disso, o estudo reforça que, embora o uso de biocombustíveis tenha aumentado, há potencial e necessidade de ampliar ainda mais a participação de bioenergia na matriz de transportes, por meio de estratégias que incentivem veículos mais eficientes e o uso de combustíveis sustentáveis. A política de expansão do biodiesel e do etanol, além de avanços tecnológicos, são considerados passos essenciais para alcançar as metas de redução de emissões no setor.

Além disso, os biocombustíveis desempenham um papel estratégico na transição energética por possibilitarem, em diferentes aplicações, o aproveitamento de infraestruturas e tecnologias já existentes. Sua utilização pode ocorrer por meio de misturas aos combustíveis fósseis ou pelo uso dedicado, conforme o combustível e a tecnologia aplicável, permitindo ampliar progressivamente a participação de fontes renováveis na matriz de transportes. Ao mesmo tempo, novas rotas, como SAF e diesel verde, ampliam as possibilidades de utilização dos biocombustíveis em setores de difícil descarbonização.

Outro aspecto relevante é a contribuição para a segurança energética. Ao serem produzidos domesticamente, os biocombustíveis reduzem a dependência de importações de petróleo e aumentam a resiliência do sistema energético a choques externos, como crises geopolíticas ou volatilidade de preços internacionais. No Brasil, essa característica é particularmente importante, pois o país possui vantagens comparativas na produção de biomassa, o que reforça sua posição estratégica na transição global para energias mais limpas.

No entanto, a sustentabilidade dos biocombustíveis não é automática e depende fortemente de como são produzidos. Um dos principais pontos de atenção é o uso da terra. A expansão desordenada de culturas energéticas pode levar ao desmatamento, perda de biodiversidade e competição com a produção de alimentos. Por isso, políticas como o RenovaBio, que incorporam critérios de eficiência ambiental e rastreabilidade, são essenciais para garantir que os ganhos de redução de emissões não sejam anulados por impactos indiretos.





Também há desafios relacionados ao uso de insumos agrícolas, como fertilizantes e água, que podem gerar emissões adicionais e impactos ambientais locais. A evolução tecnológica — incluindo agricultura de baixo carbono, integração lavoura-pecuária-floresta e uso de resíduos (como no caso do biometano) — é fundamental para aumentar a sustentabilidade do setor.

Na perspectiva da transição energética global, os biocombustíveis ocupam um espaço complementar às demais soluções. Eles são particularmente relevantes para setores de difícil eletrificação, como aviação, transporte marítimo e parte do transporte rodoviário pesado. Nesses casos, alternativas como o SAF e o HVO tendem a ganhar importância crescente, ampliando o papel dos biocombustíveis além dos usos tradicionais.

Em síntese, os biocombustíveis contribuem de forma significativa para a sustentabilidade ambiental e a transição energética ao possibilitar a redução de emissões em relação aos combustíveis fósseis, aproveitar, em diferentes aplicações, infraestruturas existentes e contribuir para a segurança energética. A continuidade dessa contribuição está associada ao avanço da produção sustentável, da eficiência energético-ambiental, da inovação tecnológica e da articulação com outras estratégias de descarbonização. Nesse contexto, os biocombustíveis constituem um dos instrumentos relevantes para a transição para uma economia de baixo carbono, com papel particularmente importante em segmentos nos quais as alternativas de descarbonização são mais limitadas.



9

CONCLUSÃO





9. CONCLUSÃO

A análise do programa RenovaBio evidencia seu papel estratégico como instrumento central da política energética e climática brasileira, especialmente no setor de transportes. Ao combinar metas de descarbonização com mecanismos de mercado, por meio dos Créditos de Descarbonização (CBIOS), o programa introduz um modelo inovador que atribui valor econômico à redução de emissões proporcionada pelos biocombustíveis e recompensa sua eficiência energético-ambiental.

Os resultados observados desde sua implementação demonstram avanços relevantes, como a consolidação do mercado de CBIOS e a evolução da eficiência energético-ambiental dos processos produtivos certificados, em um período também marcado pela expansão da produção e do uso de biocombustíveis no País. Esses fatores contribuem diretamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para o cumprimento dos compromissos climáticos do Brasil, além de se inserirem em um contexto de geração de renda e estímulo a investimentos no setor agroenergético.

Entretanto, o estudo também identifica desafios operacionais que exigem refinamento contínuo. Entre eles: (1) rastreabilidade em cadeias produtivas complexas, especialmente etanol de milho e biodiesel — desafio relacionado à disponibilidade, integração e comprovação de informações ao longo da cadeia, no âmbito de um sistema de certificação já estabelecido; e (2) alinhamento de incentivos ao longo da cadeia — que demanda coordenação entre órgãos e agentes. Além disso, a predominância do transporte rodoviário e a contínua dependência de combustíveis fósseis reforçam que o RenovaBio é um instrumento setorial que funciona melhor quando integrado a políticas complementares de descarbonização e de mobilidade.

No panorama internacional, o Brasil destaca-se como líder em sofisticação de políticas de incentivo aos biocombustíveis, particularmente em precificação de carbono e avaliação de intensidade de emissões via RenovaBio. A análise comparada com outros países — Índia, Japão, África do Sul, Tailândia, Canadá e União Europeia — revela que o Brasil já incorpora os principais instrumentos utilizados globalmente e, em várias dimensões, opera com maior sofisticação. As lições internacionais não indicam deficiências do programa brasileiro, mas oportunidades de aprofundamento: maior coordenação estatal em segurança de oferta, aceleração da diversificação tecnológica (SAF, biometano, segunda geração), integração mais explícita de objetivos sociais e regionais, e fortalecimento de cadeias sustentáveis. Esses ajustes consolidam a liderança brasileira e ampliam o impacto do RenovaBio na descarbonização de longo prazo.

Nesse sentido, as oportunidades de expansão do RenovaBio são significativas. A ampliação e atualização das matérias-primas, tecnologias e rotas produtivas contempladas pelo programa, acompanhando a evolução do setor, inclusive com a regulamentação de novas rotas, quando aplicável, o avanço em tecnologias de segunda geração e a avaliação de possibilidades de articulação com outros instrumentos e mercados de carbono representam caminhos promissores para ampliar seu alcance e eficácia. Paralelamente, o fortalecimento contínuo da governança, da rastreabilidade e da previsibilidade regulatória contribui para a robustez e a atratividade do programa. Esses aspectos representam oportunidades de aprimoramento capazes de acompanhar a diversificação e a evolução do setor brasileiro de biocombustíveis.

Por fim, conclui-se que o RenovaBio desempenha um papel essencial na transição energética brasileira, não apenas como política ambiental, mas como instrumento de desenvolvimento econômico e inovação. Sua evolução e aperfeiçoamento contínuo serão determinantes para que o Brasil consolide sua posição como líder global na produção sustentável de biocombustíveis e avance rumo a uma matriz energética mais limpa, eficiente e resiliente.





10

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Análise de Impacto Regulatório (AIR)**. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/analise-de-impacto-regulatorio-air>>. Acesso em: 19 abr. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2024**. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-brasileiro-do-petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis-2024>>. Acesso em: 19 abr. 2025 e 10 mai.2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Autorização para produção de biocombustíveis**. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/autorizacao-para-producao-de-biocombustiveis>>. Acesso em: 15 fev. 2025 e 10 mai. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Balanco RenovaBio**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/renovabio-1/balanco-renovabio>>. Acesso em: 19 abr. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Certificados da Produção ou Importação Eficiente de Biocombustíveis**. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio/certificados-producao-importacao-eficiente-biocombustiveis>>. Acesso em: 15 fev. 2025 e 10 mai. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Consultas e Audiências Públicas - Resoluções do RenovaBio**. 2024a. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio/consultas-e-audiencias-publicas-resolucoes-do-renovabio>>. Acesso em: 12 dez. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Dados estatísticos**. 2024b. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos>>. Acesso em: 15 dez. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Despacho ANP nº 219, de 19 de fevereiro de 2025**. Define o valor a ser pago ao SERPRO por validação de nota fiscal eletrônica (NFe) referente à utilização da Plataforma CBIO, no âmbito do RenovaBio. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/despacho-n-219-2025>>. Acesso em: 19 abr. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Despacho ANP nº 610, de 28 de maio de 2024**. Torna públicas as metas individuais compulsórias, por distribuidor de combustíveis, de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa relativas ao exercício de 2024, acrescidas das metas não cumpridas relativas ao exercício de 2023. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/despacho-n-610-2024>>. Acesso em: 19 abr. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Escrituradores**. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio/escrituradores>>. Acesso em: 19 abr. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Geração de lastro, aposentadoria e informações sobre negociações de CBIOS na B3**. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio/geracao-lastro-emissao-cbio-informacoes-negociacoes-cbios-b3>>. Acesso em: 19 abr. 2025.





AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). Informe Técnico nº 02/SBQ v. 4. **Orientações Gerais: Procedimentos para Certificação da Produção ou Importação Eficiente de Biocombustíveis.** Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio/arq/arquivos-orientacoes-certificacoes-renovabio/informe-tecnico-02-sbq.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). Informe Técnico nº 06/SBQ v. 0. **Procedimentos para Implementação e Verificação da Cadeia de Custódia de Grãos e Óleos Vegetais.** Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio/arq/arquivos-orientacoes-certificacoes-renovabio/informe-tecnico-06-cadeia-de-custodia_v0.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Legislação do RenovaBio.** 2024c. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio/renovabio/legislacao-do-renovabio>>. Acesso em: 5 dez. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Metas individuais compulsórias definitivas de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para 2025.** Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio/metas-individuais-compulsorias-definitivas-de-reducao-de-emissoes-de-gases-causadores-do-efeito-estufa-para-2025>>. Acesso em: 19 abr. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Painéis Dinâmicos da ANP.** 2024f. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp>>. Acesso em: 5 dez. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Painéis dinâmicos de produtores de combustíveis e derivados.** 2024g. 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>>. Acesso em: 11 dez. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Painel de Monitoramento de Metanol na Produção de Biodiesel.** 2024d. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/painel-monitoramento-metanol-producao-biodiesel>>. Acesso em: 18 dez. 2024 e 26 mai. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Painel Dinâmico da Plataforma CBIO.** Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/paineis-dinamicos-do-renovabio/painel-dinamico-da-cbio>>. Acesso em: 19 abr. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Painel Dinâmico de Certificações de Biocombustíveis RenovaBio.** Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/paineis-dinamicos-do-renovabio/painel-dinamico-de-certificacoes-de-biocombustiveis-renovabio>>. Acesso em: 10 mai. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Painel Dinâmico de Preços de Combustíveis e Derivados do Petróleo.** Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/painel-dinamico-de-precos-de-combustiveis-e-derivados-do-petroleo>>. Acesso em: 10 mai. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Painel Dinâmico de Produtores de Etanol.** 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-etanol>>. Acesso em: 15 fev. 2025 e 10 mai. 2025.





AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Painel Dinâmico de Produtores de Biodiesel**. 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: 15 fev. 2025 e 10 mai. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Painel Dinâmico de Produtores de Biometano**. 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-biometano>>. Acesso em: 15 fev. 2025 e 10 mai. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Painel Dinâmico de Produtos Sensíveis**. 2024e. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/painel-dinamico-de-produtos-sensiveis>>. Acesso em: 18 dez. 2024 e 26 mai. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Plataforma CBIO**. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio/plataforma-cbio>>. Acesso em: 19 abr. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **RenovaBio. Geração de lastro, aposentadoria e informações sobre negociações de CBIOs na B3**. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio/geracao-lastro-emissao-cbio-informacoes-negociacoes-cbios-b3>>. Acesso em: 19 abr. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **RenovaBio: ANP divulga comprovação das metas individuais de 2024 por distribuidores de combustíveis**. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/renovabio-anp-divulga-comprovacao-das-metas-individuais-de-2024-por-distribuidores-de-combustiveis>. Acesso em: 19 abr. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **RenovaBio: distribuidores têm até o dia 31/12 para aposentar CBIOs para cumprimento das metas de 2024**. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/renovabio-distribuidores-tem-ate-o-dia-31-12-para-aposentar-cbios-para-cumprimento-das-metas-de-2024>. Acesso em: 19 abr. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **RenovaBio: MME publica decreto sobre fiscalização do cumprimento das metas de descarbonização**. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/renovabio-mme-publica-decreto-sobre-fiscalizacao-do-cumprimento-das-metas-de-descarbonizacao>. Acesso em: 19 abr. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **RenovaBio: Plataforma CBIO passa a contar com funcionalidade para cadastramento de contratos de longo prazo**. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/renovabio-plataforma-cbio-passa-a-contar-com-funcionalidade-para-cadastramento-de-contratos-de-longo-prazo>. Acesso em: 19 abr. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **RenovaCalc. Ferramenta de cálculo da intensidade de carbono dos biocombustíveis e geração da Nota de Eficiência Energético-Ambiental**. 2024h. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio/renovacal>>. Acesso em: 11 dez. 2024.





AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Resolução ANP nº 906/2022**. Dispõe sobre as especificações do biometano oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais destinado ao uso veicular e às instalações residenciais e comerciais a ser comercializado em todo o território nacional. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-906-2022-dispoe-sobre-as-especificacoes-do-biometano-oriundo-de-produtos-e-residuos-organicos-agrossilvopastoris-e-comerciais-destinado-ao-uso-veicular-e-as-instalacoes-residenciais-e-comerciais-a-ser-comercializado-em-todo-o-territorio-nacional?origin=instituicao>>. Acesso em: 26 mai. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Resolução ANP nº 937/2023**. Regulamenta a autorização para o exercício da atividade de distribuição de solventes. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-937-2023-regulamenta-a-autorizacao-para-o-exercicio-da-atividade-de-distribuicao-de-solventes?origin=instituicao&q=937/2023>>. Acesso em: 26 mai. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Resolução ANP nº 968/2023**. Estabelece as especificações dos óleos diesel destinados a veículos ou equipamentos dotados de motores do ciclo Diesel. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anp-n-968-de-30-de-abril-de-2024-557405632>>. Acesso em: 26 mai. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Resolução ANP nº 791/2019**. Dispõe sobre a individualização das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis, no âmbito da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio). Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-791-2019-dispoe-sobre-a-individualizacao-das-metas-compulsorias-anuais-de-reducao-de-emissoes-de-gases-causadores-do-efeito-estufa-para-a-comercializacao-de-combustiveis-no-ambito-da-politica-nacio>>. Acesso em: 19 abr. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Resolução ANP nº 802/2019**. Estabelece os procedimentos para geração de lastro necessário para emissão primária de Créditos de Descarbonização, de que trata o art. 14 da Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, e altera a Resolução ANP nº 758, de 23 de novembro de 2018. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-802-2019-estabelece-os-procedimentos-para-geracao-de-lastro-necessario-para-emissao-primaria-de-creditos-de-descarbonizacao-de-que-trata-o-art-14-da-lei-no-13-576-de-26-de-dezembro-de-2017-e-altera-a-resolucao-anp-no-758-de-23-de-novembro-de-2018?origin=instituicao&q=802/2019>>. Acesso em: 19 abr. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Resolução ANP nº 842/2021**. Estabelece a especificação do diesel verde. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-842-2021-estabelece-a-especificacao-do-diesel-verde-bem-como-as-obrigacoes-quanto-ao-controle-da-qualidade-a-serem-atendidas-pelos-agentes-economicos-que-o-comercializem-em-territorio-nacional?origin=instituicao>>. Acesso em: 26 mai. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Resolução ANP nº 856/2021**. Estabelece as especificações do querosene de aviação JET A e JET A-1, dos querosenes de aviação alternativos e do querosene de aviação C (JET C). Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-856-2021-estabelece-as-especificacoes-do-querosene-de-aviacao-jet-a-e-jet-a-1-dos-querosenes-de-aviacao-alternativos-e-do-querosene-de-aviacao-c-jet-c-bem-como-as-obrigacoes-quanto-ao-controle-da-qualidade-a-serem-atendidas-pelos-agentes-economicos-que-comercializam-esses-produtos-em-territorio-nacional?origin=instituicao>>. Acesso em: 26 mai. 2025.





AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Resolução ANP nº 886/2022**. Estabelece a especificação e as regras para aprovação do controle da qualidade do biometano oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto destinado ao uso veicular e às instalações residenciais, industriais e comerciais, a ser comercializado no território nacional. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-886-2022-estabelece-a-especificacao-e-as-regras-para-aprovacao-do-controle-da-qualidade-do-biometano-oriundo-de-aterros-sanitarios-e-de-estacoes-de-tratamento-de-esgoto-destinado-ao-uso-veicular-e-as-instalacoes-residenciais-industriais-e-comerciais-a-ser-comercializado-no-territorio-nacional?origin=instituicao>>. Acesso em: 26 mai. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Resolução ANP nº 906/2022**. Dispõe sobre as especificações do biometano oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais destinado ao uso veicular e às instalações residenciais e comerciais a ser comercializado em todo o território nacional. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/consultas-e-audiencias-publicas/consulta-audiencia-publica/2018/arquivos-consultas-e-audiencias-publicas-2018/cap-10-2018/resolucaoanp-758-2018.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Resolução ANP nº 974/2024**. Dispõe sobre a individualização das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases geradores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis, no âmbito da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), para incluir hipótese de redução das metas em decorrência da publicação da Lei nº 14.592, de 2023. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-974-2024-altera-a-resolucao-anp-no-791-de-12-de-junho-de-2019-que-dispoe-sobre-a-individualizacao-das-metas-compulsorias-anuais-de-reducao-de-emissoes-de-gases-geradores-do-efeito-estufa-para-a-comercializacao-de-combustiveis-no-ambito-da-politica-nacional-de-biocombustiveis-renovabio-para-incluir-hipotese-de-reducao-das-metas-em-decorrencia-da-publicacao-da-lei-no-14-592-de-2023>>. Acesso em: 19 abr. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Resolução nº 758/2018**. Regulamenta a certificação da produção ou importação eficiente de biocombustíveis de que trata o art. 18 da Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, e o credenciamento de firmas inspetoras. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/consultas-e-audiencias-publicas/consulta-audiencia-publica/2018/arquivos-consultas-e-audiencias-publicas-2018/cap-10-2018/resolucaoanp-758-2018.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Retrospectiva: ANP destaca suas principais medidas em 2024**. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/retrospectiva-anp-destaca-suas-principais-medidas-em-2024>. Acesso em: 15 fev. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Resolução nº 921/2023**. Altera a Resolução ANP nº 791, de 12 de junho de 2019, para inclusão de previsão de redução da meta anual individual definitiva em decorrência da comprovação de aquisição de biocombustíveis por meio de contrato de fornecimento de longo prazo. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-921-2023-altera-a-resolucao-anp-no-791-de-12-de-junho-de-2019-que-dispoe-sobre-a-individualizacao-das-metas-compulsorias-anuais-de-reducao-de-emissoes-de-gases-causadores-do-efeito-estufa-para-a-comercializacao-de-combustiveis-no-ambito-da-politica-nacional-de-biocombustiveis-renovabio-para-inclusao-de-previsao-de-reducao-da-meta-anual-individual-definitiva-em-decorrencia-da-comprovacao-de-aquisicao-de-biocombustiveis-por-meio-de-contrato-de-fornecimento-de-longo-prazo?origin=instituicao&q=921>>. Acesso em: 06 ago. 2025.





ANUÁRIO DO COOPERATIVISMO BRASILEIRO DE 2024 (**ANUÁRIOCOOP2024**). Disponível em: <<https://www.anuario.coop.br/brasil/cooperativas/>> Acesso em: 15 fev. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS ENTIDADES DOS MERCADOS FINANCEIRO E DE CAPITAIS (ANBIMA). **Guia de Operacionalização do CBIO.** Disponível em: <<https://www.anbima.com.br/data/files/2B/23/E9/0F/FEF447101699D3471B2BA2A8/Guia%20de%20Operacionalizacao%20do%20CBIO.pdf>>. Acesso em 15 abr. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS (ABIOVE). **Capacidade Instalada da Indústria de Óleos Vegetais.** Publicado em 23/11/2024. Disponível em: <<https://abiove.org.br/capacidade-instalada-da-industria-de-oleos-vegetais/>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECICLAGEM ANIMAL (ABRA). **Gorduras.** Disponível em: <<https://abra.ind.br/gorduras/>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE PALMA (ABRAPALMA). Disponível em: <<https://www.abrapalma.org/pt/a-palma-no-brasil-e-no-mundo/>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE BIOCOMBUSTÍVEIS DO BRASIL (APROBIO). **Ajuste das projeções de demanda de diesel A e biodiesel para 2025.** Disponível em: <<https://aprobio.com.br/noticia/ajuste-das-projecoes-de-demanda-de-diesel-a-e-biodiesel-para-2025/>>. Acesso em: 26 mai. 2025.

BANCO DO BRASIL. InvestTalk. **CBIOs passam a negociar em plataforma de nuvem da B3, com objetivo de elevar liquidez.** Disponível em: <<https://investtalk.bb.com.br/noticias/sustentabilidade/cbios-passam-a-negociar-em-plataforma-de-nuvem-da-b3-com-objetivo-de-elevar-liquidez>>. Acesso em: 19 abr. 2025.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO (BNDES). **Biodiesel e Diesel Verde no Brasil: Panorama Recente e Perspectivas.** 2022. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/22585/1/PRArt215696_Biodiesel%20e%20diesel%20verde%20no%20Brasil.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2024.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO (BNDES). **BNDES firma financiamento de R\$ 729,7 milhões com a Be8 para produção de etanol a partir de cereais.** 2024b. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-firma-financiamento-de-729,7-milhoes-de-reais-com-a-be8-para-producao-de-etanol-a-partir-de-cereais>>. Acesso em: 11 dez. 2024.

BINATURAL. **Reciclagem de óleo de cozinha abre caminho para aumento da produção de biodiesel com geração de impacto ambiental positivo.** Disponível em: <<https://binatural.com.br/reciclagem-de-oleo-de-cozinha-abre-caminho-para-aumento-da-producao-de-biodiesel-com-geracao-de-impacto-ambiental-positivo/>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

BIODIESELBR. **Bionotas: ANP identifica inconsistências nas vendas de biodiesel entre distribuidores.** Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/noticias/regulacao/dist/bionotas-anp-identifica-inconsistencias-nas-vendas-de-biodiesel-entre-distribuidores-280325>>. Acesso em: 19 abr. 2025.

BIODIESELBR. **Óleo de cozinha usado avança com demanda por biocombustíveis.** Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/noticias/materia-prima/ogr/oleo-de-cozinha-usado-avanca-com-demanda-por-biocombustiveis-280923>>. Acesso em: 15 fev. 2025.





BIODIESELBR. **PróAlcool - Programa Brasileiro de Álcool**. 2012. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool/programa-etanol>>. Acesso em: 19 dez. 2024.

BOLSA DE VALORES B3. **CBIO - Consultas**. Disponível em: <https://www.b3.com.br/pt_br/b3/sustentabilidade/produtos-e-servicos-esg/credito-de-descarbonizacao-cbio/cbio-consultas/>. Acesso em: 06 ago. 2025.

BOLSA DE VALORES B3. **CBIO - Negócios realizados hoje**. Disponível em: <https://www.b3.com.br/pt_br/b3/sustentabilidade/produtos-e-servicos-esg/credito-de-descarbonizacao-cbio/cbio-negocios-realizados-hoje/>. Acesso em: 19 abr. 2025.

BOLSA DE VALORES B3. **Índices on Demand**. Disponível em: <https://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/indices/indices-on-demand>. Acesso em: 19 abr. 2025.

BOLSA DE VALORES B3. **Metodologia do índice CBIO B3 (ICBIO B3)**. Disponível em: <<https://www.b3.com.br/data/files/3E/B3/3E/0A/F77538101E311E28AC094EA8/Metodologia%20ICBIO%20PT.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2025.

BOLSA DE VALORES BRASILEIRA (B3). **Mercado Balcão. CBIOs**. 2024. Disponível em: <https://www.b3.com.br/pt_br/b3/asg/balcao.htm>. Acesso em: 5 dez. 2024.

BRASIL. **Lei nº 14.993/2024**. Dispõe sobre a promoção da mobilidade sustentável de baixo carbono e a captura e a estocagem geológica de dióxido de carbono; institui o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV), o Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV) e o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano. 2024a. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L14993.htm>. Acesso em: 15 dez. 2024.

BRASIL. **Decreto nº 9.888/2019**. Dispõe sobre a definição das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9888.htm>. Acesso em: 5 dez. 2024.

BRASIL. **Decreto nº 11.003/2022**. Institui a Estratégia Federal de Incentivo ao Uso Sustentável de Biogás e Biometano. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 22 mar. 2022. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d11003.htm>. Acesso em: 10 ago. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 5.457/2005**. Institui o Selo Biocombustível Social. Disponível em: <https://presidencia.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10527.htm#art9>. Acesso em: 26 mai. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 7.172/2010**. Aprova o zoneamento agroecológico da cultura da palma de óleo e dispõe sobre o estabelecimento pelo Conselho Monetário Nacional de normas referentes às operações de financiamento ao segmento da palma de óleo, nos termos do zoneamento. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7172.htm>. Acesso em: 15 fev. 2025.





.BRASIL. **Decreto nº 9.888/2019**. Dispõe sobre a definição das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis de que trata a Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, e institui o Comitê da Política Nacional de Biocombustíveis - Comitê RenovaBio. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13576.htm>. Acesso em: 19 abr. 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.993/2024**. Dispõe sobre a promoção da mobilidade sustentável de baixo carbono e a captura e a estocagem geológica de dióxido de carbono; institui o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV), o Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV) e o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L14993.htm>. Acesso em: 5 mar. 2025 e 26 mai. 2025.

BRASIL. **Lei nº 11.097/2005**. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999, e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 jan. 2005. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm>. Acesso em: 10 ago. 2025.

BRASIL. **Lei nº 13.576/2017**. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. 2018. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13576.htm>. Acesso em: 5 dez. 2024, 22 fev. 2025, 19 abr. 2025 e 26 mai. 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.850/2024**. Institui a Política Nacional de Qualidade do Ar. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2024/Lei/L14850.htm>. Acesso em: 26 mai. 2025.

BRASIL. **Lei nº 15.042/2024**. Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE). 2024b. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2024/Lei/L15042.htm>. Acesso em: 5 dez. 2024.

BRASIL. **Lei nº 15.082/2024**. Altera a Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, que dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), para nela incluir os produtores independentes de matéria-prima destinada à produção de biocombustível; e altera a Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L15082.htm>. Acesso em: 22 fev. 2025 e 19 abr. 2025.

BRASIL. **Programa Mover (Mobilidade Verde e Inovação)**. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2023/12/mover-novo-programa-amplia-acoes-para-mobilidade-verde-e-descarbonizacao?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 26 mai. 2025.

BRASILCOM. **Impactos econômico e social dos créditos de descarbonização (CBIOs) – apresentação 29/11/2023**. Disponível em: <<https://brasilcom.com.br/wp-content/uploads/2023/11/Apresentacao-BRASILCOM-29-11-2023.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2025.

BRITISH COLUMBIA. **GHGenius Model for Carbon Intensities of fuels supplied in B.C.** 2024a. Disponível em: <<https://www2.gov.bc.ca/gov/content/industry/electricity-alternative-energy/transportation-energies/renewable-low-carbon-fuels/fuel-lifecycle-assessment/ghgenius>>. Acesso em: 2 jan. 2025.





BRITISH COLUMBIA. **Renewable and Low Carbon Fuels**. 2024b. Disponível em: <<https://www2.gov.bc.ca/gov/content/industry/electricity-alternative-energy/transportation-energies/renewable-low-carbon-fuels>>. Acesso em: 2 jan. 2025.

CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD (CARB). **LCFS life cycle analysis models and documentation**. 2024b. Disponível em: <<https://ww2.arb.ca.gov/resources/documents/lcfs-life-cycle-analysis-models-and-documentation>>. Acesso em: 2 jan. 2025.

CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD (CARB). **Low Carbon Fuel Standard (LCFS)**. 2024a. Disponível em: <<https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/low-carbon-fuel-standard>>. Acesso em: 18 dez. 2024.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (CCEE). **Preço Médio de Descarbonização**. Disponível em: <<https://www.ccee.org.br/pre%C3%A7o-m%C3%A9dio-de-descarboniza%C3%A7%C3%A3o-informa%C3%A7%C3%B5es?utm>>. Acesso em: 27 set. 2025.

CARBON EMISSION ACCOUNTS AND DATASES (CEADs). Disponível em: <<https://www.ceads.net/>>. Acesso em: 03 jan. 2024.

CIBIOGAS. **Panorama do Biogás 2023**. 2024. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=G4Hm-oZ9eHE>. Acesso em: 16 dez. 2024.

CIBIOGAS. **Panorama do Biometano. Setor Sucroenergético**. Publicado em dez. 2023. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-781/Panorama%20de%20Biometano.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2024, 15 fev. 2025 e 26 mai. 2025.

CNN BRASIL. **BBF e Vibra anunciam 1ª biorrefinaria de diesel verde do Brasil para 2025**. 2021. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/bbf-e-vibra-anunciam-1a-biorrefinaria-de-diesel-verde-do-brasil-para-2025/>>. Acesso em: 17 dez. 2024.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Safrá Brasileira de Cana-de-açúcar**. 2024a. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>>. Acesso em: 5 dez. 2024 e 22 fev. 2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Safrá Brasileira de Grãos**. 2024b. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 12 dez. 2024 e 22 fev. 2025.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA (CNA). **Pesquisa inédita mostra realidade da armazenagem no Brasil**. Publicado em 10/08/2023. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/noticias/pesquisa-inedita-mostra-realidade-da-armazenagem-no-brasil>>. Acesso em: 22 fev. 2025.

EIXOS. **Chamada para hubs de hidrogênio no Brasil recebe 70 propostas com custo médio de US\$ 4,7/kg**. 2024. Disponível em: <<https://eixos.com.br/hidrogenio/chamada-para-hubs-de-hidrogenio-no-brasil-recebe-70-propostas-com-custo-medio-de-us-47-kg/>>. Acesso em: 18 dez. 2024.

EIXOS. **Distribuidoras querem fim da lista de inadimplentes no Renovabio**. Disponível em: <<https://eixos.com.br/combustiveis-e-bioenergia/distribuidoras-querem-fim-da-lista-de-inadimplentes-no-renovabio/>>. Acesso em: 19.abr 2025.





EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Relatório Final de Trabalho. Regionalização dos Perfis “Típicos” da Produção de Cana-de-Açúcar para Uso no RenovaBio.** 2024a. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio/arq/arquivos-estudos-relatorio-e-seminarios/relatoriofinalcanadeacucar.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Relatório Final de Trabalho. Regionalização dos Perfis “Típicos” da Produção de Milho para Uso no RenovaBio.** 2024b. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio/arq/arquivos-estudos-relatorio-e-seminarios/relatorio-final-regionalizacao-perfis-tipicos-producao-milho.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2024.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Desempenho produtivo de cultivares de girassol (*Helianthus annuus*. L.) sob condições irrigadas no Rio Grande do Norte.** Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/862617/1/MEG-07.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema produtivo da canola (*Brassic napus* L. ssp. *oleifera* Moench).** 2023. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1162376/1/Sistema-produtivo-canola-2023.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2023.** Publicado em agosto de 2024 Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-834/NT-EPE-DPG-SDB-2024-03_ACBios_Ano2023.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2025 e 26 mai. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional 2024. Relatório Final / Ano Base 2023.** 2024d. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-723/BEN2024.pdf>>. Acesso em: 3 dez. 2024 e 15 fev. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional Interativo.** Disponível em: <<https://dashboard.epe.gov.br/apps/ben/>>. Acesso em: 26 abr. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional. BEN 2024.** Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2024>>. Acesso em: 26 abr. 2025

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional 2024. Relatório Síntese / Ano Base 2023.** Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-715/BEN_Síntese_2024_PT.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Combustíveis Sustentáveis de Aviação no Brasil. Sustainable Aviation Fuel (SAF). Perspectivas Futuras.** 2024f. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-839/CA-EPE-DPG-SDB-2024-02_Combustíveis_Sustentáveis_Aviação_Brasil.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2024.





EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Combustíveis Sustentáveis de Aviação no Brasil – Perspectivas Futuras**. Disponível em: < <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/combustiveis-sustentaveis-de-aviacao-no-brasil-perspectivas-futuras>>. Acesso em: 26 mai. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Estudos EPE. **Potencial de Redução de Emissões de CO₂ em Projetos de Produção de Uso de Biocombustíveis**. [s.d]. Disponível em: < <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-250/topico-304/EPE%20-%202º%20Biocombustíveis%20x%20MDL%5B1%5D.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Fact Sheet: Combustíveis Sintéticos**. Disponível em: < https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-763/FS-EPE-DPG-SDB-2023-04-Combustíveis_Sintéticos_2023.08.30_PT.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Nota Técnica Combustíveis renováveis para uso em motores do ciclo Diesel**. 2024e. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-467/NT_Combustiveis_renovaveis_em_%20motores_ciclo_Diesel.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2024 e 26 mai. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Nota Técnica Descarbonização do Setor de Transporte Rodoviário Intensidade de carbono das fontes de energia 2022**. 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-708/NT-EPE-DPG-SDB-2022-03_Intensidade_de_carbono_Transporte_Rodoviario.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Nota Técnica EPE/DPG/SDB/2025/03: Descarbonização do Setor de Transporte Rodoviário – Intensidade de carbono das fontes de energia**. Rio de Janeiro, 2025. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-708/topico-770/NT-EPE-DPG-SDB-2025-03_Intensidade_de_Carbono_Transporte_Rodovi%C3%A1rio.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2024**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Decenal-de-Expansao-de-Energia-2024>>. Acesso em: 26 mai. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Potencial de Produção de Hidrogênio renovável no Brasil**. [s.d.]. Disponível em: <<https://gisepeprd2.epe.gov.br/arcgisportal/apps/storymaps/stories/68332aaa3fc64524a656583e1367daa3>>. Acesso em: 18 dez. 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Proposta de Diretrizes para a Lei nº 14.120/2021**. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/areas-de-atuacao/estudos-socioambientais/Documents/Proposta%20Diretrizes%20Lei%2014120_posconsulta%20publica%20MME_final_abril2022rev.pdf. Acesso em: 19 abr. 2025.





EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **RenovaBio**. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/renovabio>>. Acesso em: 5 dez. 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Roadmap Transporte Aquaviário**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-845/CA-EPE-DPG-SDB-2024-17%20Caderno%20Roadmap%20Transporte%20Aquaviário.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2025.

ENERGIA E BIOGÁS. **Produção de biogás no Brasil poderia abastecer 40 mil ônibus por ano**. Disponível em: <<https://biogaseenergia.com.br/producao-de-biogas-no-brasil-poderia-abastecer-40-mil-onibus-por-ano>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

ETHANOL FOR INDIA. Disponível em: <<https://www.ethanolforindia.com/>>. Acesso em 20 dez. 2024.

EUROPEAN COMISSION. Access2Markets. **European Economic Area (EEA) Agreement**. [s.d.]. Disponível em: <<https://trade.ec.europa.eu/access-to-markets/en/content/european-economic-area-eea-agreement>>. Acesso em: 02 jan. 2025.

EUROPEAN COMISSION. Energy, Climate change, Environment. **Hydrogen and decarbonised gas market**. [s.d.]. Disponível em: <https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/hydrogen-and-decarbonised-gas-market_en>. Acesso em: 02 jan. 2025.

EUROPEAN COMISSION. Joint Research Centre Data Catalogue. **Biofuels pathways. Input values and GHG emissions. Database (Directive 2018/2001)**. [s.d.]. Disponível em: <<https://data.jrc.ec.europa.eu/dataset/e51f4304-7023-4fca-8900-7d206f89b914>>. Acesso em: 02 jan. 2025.

EUROPEAN COMISSION. Mobility and Transport. **Decarbonising maritime transport – FuelEU Maritime**. [s.d.]. Disponível em: <https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/maritime/decarbonising-maritime-transport-fueleu-maritime_en>. Acesso em: 02 jan. 2025.

EUROPEAN COMISSION. **Regulation on Deforestation-free Products**. [s.d.]. Disponível em: <https://environment.ec.europa.eu/topics/forests/deforestation/regulation-deforestation-free-products_en>. Acesso em: 19 dez. 2024.

EUROPEAN COMISSION. **Renewable energy directive**. [s.d.]. Disponível em: <https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en>. Acesso em: 19 dez. 2024.

EUROPEAN COMISSION. **Revision of the Energy Taxation Directive**. [s.d.]. Disponível em: <https://taxation-customs.ec.europa.eu/green-taxation-0/revision-energy-taxation-directive_en>. Acesso em: 19 dez. 2024.

EUROPEAN COMISSION. **The European Green Deal. Striving to be the first climate-neutral continente**. [s.d.]. Disponível em: <https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en>. Acesso em: 19 dez. 2024.

EUROPEAN COUNCIL. **Fit for 55: how the EU plans to revise energy taxation**. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/fit-for-55-energy-taxation/>>. Acesso em: 19 dez. 2024.





EUROPEAN ENVIROMENTAL AGENCY. **Fuel quality directive. 2024.** Disponível em: <<https://www.eea.europa.eu/en/datahub/datahubitem-view/31d10900-5930-492e-907d-235ddb0277aa?activeAccordion=1092555>>. Acesso em: 19 dez. 2024.

EUROPEAN UNION. **Regulamento (UE) 2023/2405 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de outubro de 2023, relativo à garantia de condições de concorrência equitativas para um transporte aéreo sustentável (ReFuelEU Aviação).** [s.d.]. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/ALL/?uri=CELEX:32023R2405>>. Acesso em: 19 dez. 2024.

FUNDAÇÃO DE INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS (FIPE). **Monitor de Preços de Combustíveis** Disponível em: <<https://downloads.fipe.org.br/indices/informe-monitorcombustiveis-202412.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2025.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). **Painel de descarbonização da matriz de combustíveis, Dashboard.** [s.d.]. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiOWRlMwY1NzctZWJmZi00MWJiLTlhZDItOTdiOGI3ODQ3OWRhliwidCI6ImRlNGNlMThjLTUyMTQtNDh0OS04MTg4LTFiOGZlZi00MjNjZSJ9>>. Acesso em: 16 dez. 2024.

GOVERNMENT OF INDIA. INDIAN MINISTRY OF JAL SHAKTI. Department of Drinking Water & Sanitation. **GOBARdhan. Galvanizing Organic Bio-Agro Resources Dhan.** [s.d.]. Disponível em: <<https://gobardhan.sbm.gov.in/>>. Acesso em: 20 dez. 2024.

GOVERNMENT OF INDIA. INDIAN MINISTRY OF NEW AND RENEWABLE ENERGY. **Punjab Energy Development Agency. New National Biogas and Organic Manure Programme and Biogas Power Generation.** [s.d.]. Disponível em: <<https://www.peda.gov.in/biogas-power-generation>>. Acesso em: 20 dez. 2024.

GOVERNMENT OF INDIA. INDIAN MINISTRY OF NEW AND RENEWABLE ENERGY. **Punjab Energy Development Agency. Biogas Programme.** [s.d.]. Disponível em: <https://mnre.gov.in/en/bio-gas/>. Acesso em: 20 dez. 2024.

GOVERNMENT OF INDIA. INDIAN MINISTRY OF PETROLEUM AND NATURAL GAS. **2G-Ethanol.** [s.d.]. Disponível em: <https://mopng.gov.in/en/page/9>. Acesso em: 20 dez. 2024.

GOVERNMENT OF INDIA. INDIAN MINISTRY OF PETROLEUM AND NATURAL GAS. **Ethanol Blended Petrol (EBP) Programme.** [s.d.]. Disponível em: <https://mopng.gov.in/en/refining/ethanol-blended-petrol>. Acesso em: 20 dez. 2024.

GOVERNMENT OF INDIA. INDIAN MINISTRY OF PETROLEUM AND NATURAL GAS. **Sustainable Alternative Towards Affordable Transportation (SATAT Scheme).** [s.d.]. Disponível em: <<https://mopng.gov.in/en/pdc/investible-projects/alternate-fuels/sustainable-alternative-towards-affordable-transportation>>. Acesso em: 20 dez. 2024.

GREEN HOUSE GAS PROTOCOL (GHG). **Calculation Tools and Guidance.** [s.d.]. Disponível em: <<https://ghgprotocol.org/calculation-tools-and-guidance>>. Acesso em: 02 jan. 2025.

IMPRENSA NACIONAL. **Portaria Normativa nº 56/GM/MME/2022.** Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-normativa-n-56/gm/mme-de-21-de-dezembro-de-2022-452754677>>. Acesso em: 5 dez. 2024.





INDIAN OIL. **The energy of India**. [s.d.]. Disponível em: <<https://iocl.com>>. Acesso em: 20 dez. 2024.

INFRASA. **Plano Nacional de Logística 2025**. Disponível em: <<https://www.infrasa.gov.br/plano-nacional-de-logistica-2025/>>. Acesso em: 26 abr. 2025.

INFRASA. **Plano Nacional de Logística 2035**. Disponível em: <<https://www.infrasa.gov.br/plano-nacional-de-logistica-2035/>>. Acesso em: 26 abr. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Capacidade de armazenagem agrícola cresce 5,4% e chega a 222,3 milhões de toneladas no 1º semestre de 2024. Publicado em 14/11/2024**. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/41899-capacidade-de-armazenagem-agricola-cresce-5-4-e-chega-a-222-3-milhoes-de-toneladas-no-1-semester-de-2024>>. Acesso em: 22 fev. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO (IBP). **Boletim Ciclo Diesel – Edição 2. Janeiro de 2024**. Disponível em: <<https://www.ibp.org.br/personalizado/uploads/2024/01/boletim-ciclo-diesel-edicao-2-final.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO (IBP). **Boletim dos Combustíveis de Aviação – Edição 2. Fevereiro de 2024**. Disponível em: <<https://www.ibp.org.br/personalizado/uploads/2024/02/boletim-dos-combustiveis-de-aviacao-i-fevereiro-de-2024.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO (IBP). **Maiores produtores mundiais de petróleo em 2023**. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/snapshots/maiores-produtores-mundiais-de-petroleo/>>. Acesso em: 2 jan. 2025.

INSTITUTO ESCOLHAS. **Para uma transição energética justa: o selo RenovaBio Social. 2022**. Disponível em: <https://www.escolhas.org/wp-content/uploads/Selo-RenovaBio-Social_SE.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2024.

INTERNATIONAL CARBON ACTION PARTNERSHIP (ICAP). **China National ETS**. [s.d.]. Disponível em: <<https://icapcarbonaction.com/en/ets/china-national-ets>>. Acesso em: 03 jan. 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Biofuel Policy in Brazil, India and the United States. 2023**. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/biofuel-policy-in-brazil-india-and-the-united-states>>. Acesso em: 17 dez. 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Carbon Accounting for Sustainable Biofuels, 2024**. Disponível em: <<https://iea.blob.core.windows.net/assets/79f31c02-0efe-41ca-ac15-9d076bf2cd29/CarbonAccountingforSustainableBiofuels.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2024.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Innovation Outlook: Renewable Methanol. 2021**. Disponível em: <<https://www.irena.org/publications/2021/Jan/Innovation-Outlook-Renewable-Methanol>>. Acesso em: 18 dez. 2024 e 26 de mai. 2025.

MELLO JÚNIOR, D.C. **Produção de acetato de etila em biorrefinaria, uma análise de viabilidade**. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2010. Disponível em: <<https://repositorio.fgv.br/bitstreams/96576acc-95cc-40d9-939b-065785a81b9d/content>>. Acesso em: 10 ago. 2025.





METHANEX CORPORATION. **Annual Report 2024**. Disponível em: <<https://www.methanex.com/wp-content/uploads/2024-Annual-Report.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2025.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (MAPA). **Observatório da agropecuária brasileira**. [s.d.]. Disponível em: <<https://observatorio.agropecuaria.inmet.gov.br/paineis/fertilizantes?lang=pt-BR>>. Acesso em: 18 dez. 2024.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. (MCTI). **Relatório do Inventário Nacional das Emissões Antrópicas por Fontes e das Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa do Brasil**. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-bienais-de-transparencia-btrs/Relatorio_delnventario_NacionalNIR_2024_PORT.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2025.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. (MCTI). **Relatório Nacional de Inventário (NIR) 2024: Inventário Nacional de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa – Brasil 1990–2022**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-bienais-de-transparencia-btrs/Relatorio_delnventario_NacionalNIR_2024_PORT.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2025.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. (MCTI). **Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE)**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene>>. Acesso em: 26 mai. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Avaliação da utilização do percentual de 30 % do etanol anidro na gasolina em veículos leves e em motocicletas**. Relatório final elaborado pelo Instituto Mauá de Tecnologia (IMT). V2_08.07.2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-divulga-integra-do-estudo-tecnico-que-confirma-viabilidade-do-aumento-do-teor-de-etanol-anidro-na-gasolina-para-30-2/copy2_of_AvaliaoE30Veculoslevesemotocicletasv208.07.2025.pdf>. Acesso em 10 ago.2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Chamada pública para seleção de hubs de hidrogênio de baixa emissão de carbono para descarbonização da indústria brasileira**. 2024a. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-nacional-do-hidrogenio-1/iii-planejamento-energetico/chamada-publica-de-hubs-de-h2>>. Acesso em: 18 dez. 2024.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Conselho Nacional de Política Energética. **Resolução CNPE nº 6/2023**. Define metas compulsórias anuais de redução de gases de efeito estufa para a comercialização de combustíveis. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2023/RESOLUO_N_6_CNPE.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA (CNPE). **Resolução nº 8/2020**. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/despacho-do-presidente-da-republica-276627223>>. Acesso em: 19 abr. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA (CNPE). **Resolução nº 13/2024**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2024/PublicaoResoluo13OGRs.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2025.





MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Consulta Pública nº 122 de 10/03/2022**. Proposta de revisão da Portaria nº 419/GM/MME, de 20 de novembro de 2019, que regulamenta a emissão, a escrituração, o registro, a negociação e a aposentadoria do Crédito de Descarbonização (CBIO) do RenovaBio. Disponível em: https://antigo.mme.gov.br/pt/web/guest/servicos/consultas-publicas?p_p_id=consultapublicammeportlet_WAR_consultapublicammeportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_consultapublicammeportlet_WAR_consultapublicammeportlet_view=detalharConsulta&resourcePrimKey=2146405&detalharConsulta=true&entryId=2146407. Acesso em: 19 abr. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Consulta Pública nº 171 de 20/09/2024**. Proposta de definição das metas compulsórias anuais do RenovaBio (Ciclo 2025 - 2034). Disponível em: https://antigo.mme.gov.br/pt/web/guest/servicos/consultas-publicas?p_p_id=consultapublicammeportlet_WAR_consultapublicammeportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_consultapublicammeportlet_WAR_consultapublicammeportlet_view=detalharConsulta&resourcePrimKey=6960563&detalharConsulta=true&entryId=6960565. Acesso em: 19 abr. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Consultas Públicas**. 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-bicombustiveis/renovabio-1/consultas-publicas-1>. Acesso em: 12 dez. 2024.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO E AGRICULTURA FAMILIAR (MDA). **Portaria Interministerial nº 2/2023**. Dispõe sobre mecanismos de incremento ao fomento e às aquisições provenientes da agricultura familiar para o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel nas regiões Norte, Nordeste e Semiárido. Diário Oficial da União, Brasília, Seção 1, Ed. 151, p. 75, 9 ago. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/governanca/analise-de-impacto-regulatorio-air-e-avaliacao-de-resultado-regulatorio-arr/analise-de-impacto-regulatorio-air/dispensas-de-air/PortraialInter_2_MME_MDA.pdf. Acesso em: 10 ago. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **MME abre consulta pública sobre decreto do Programa de Incentivo ao Biometano**. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-abre-consulta-publica-sobre-decreto-do-programa-de-incentivo-ao-biometano>. Acesso em: 10 ago. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Nota Explicativa sobre a Proposta de Criação da Política Nacional de Biocombustíveis – RenovaBio: Documento de Consolidação**. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-bicombustiveis/renovabio-1/legislacao-e-documentos/NotaExplicativaRENOVABIODocumentodeCONSOLIDACAOsite.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Portaria Normativa nº 56/GM/MME/2022**. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/portarias/2022/portaria-normativa-n-56-gm-mme-2022.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2025.





MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)**. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/biodiesel/pnpb>>. Acesso em: 19 dez. 2024 e 26 mai. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Programa Nacional do Hidrogênio (PNH₂)**. [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-nacional-do-hidrogenio-1>. Acesso em: 16 dez. 2024.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Relatório – Etanol de 2ª Geração**. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-combustivel-do-futuro/relatorio_final_gt___e2g.pdf/view>. Acesso em: 26 mai. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Resolução CNPE nº 8/2025**. Fixa o teor obrigatório de biodiesel no diesel comercial em atendimento à Lei nº13.033, de 24 de setembro de 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2025/RetifeResCNPE82025.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Resolução CNPE nº 9/2025**. Dispõe sobre a mistura obrigatória do etanol anidro à gasolina comercializada em todo o território nacional. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2025/ResoluoCNPE9publicada.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Resolução CNPE nº 13/2024**. Estabelece como de interesse da Política Energética Nacional a fixação de proporção mínima de óleos e gorduras residuais OGRs em relação às matérias-primas utilizadas para a produção de biodiesel, combustível sustentável de aviação - SAF e diesel verde. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2024/PublicaoResoluo13OGRs.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Resolução CNPE nº 7/2023**. Institui o grupo de trabalho para avaliar a viabilidade técnica do uso da gasolina C com adição de 30% (trinta por cento) de etanol anidro combustível (E30) em todo território nacional. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2023/Resoluo_CNPE_7PUBLICADA.PDF>. Acesso em: 26 mai. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Resolução CNPE nº 8/2023** Reduz o prazo para os aumentos dos teores de biodiesel, previstos pela Resolução CNPE nº 16, de 29 de outubro de 2018, alterada pela Resolução CNPE nº 3, de 20 de março de 2023, com base em estudos de oferta, demanda e impactos econômicos. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2023/ResoluoCNPE82023.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Resolução nº 13/2024**. Estabelece como de interesse da Política Energética Nacional a fixação de proporção mínima de óleos e gorduras residuais - OGRs em relação às matérias-primas utilizadas para a produção de biodiesel, combustível sustentável de aviação - SAF e diesel verde, e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2024>>. Acesso em: 12 abr. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Secretaria Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Regime Tributário**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/biodiesel/pnpb/regime-tributario>>. Acesso em: 26 mai. 2025.





MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Workshop Biometano**. 2024c. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=bZEXW8V_vjY>. Acesso em: 12 dez. 2024.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Workshop Captura e Armazenamento de Carbono e Combustíveis Sintéticos**. 2024d. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=3NSRtcqRvwA>>. Acesso em: 12 dez. 2024.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Workshop Combustível Sustentável de Aviação e Diesel Verde**. 2024e. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=7oFbdsQU4mg>>. Acesso em: 13 dez. 2024.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Workshop Evolução das misturas - E35/B25**. 2024f. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=PiJ-RqvGBwE>>. Acesso em: 13 dez. 2024.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Workshop Integração de políticas de mobilidade (Mover, RenovaBio, PBEV e Proconve)**. 2024g. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Bd7GpPhp7fk&t=23923s>>. Acesso em: 13 dez. 2024.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Workshop Renovabio e Combustível do Futuro**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=lQMIVOIC1JQ&t=30188s>>. Acesso em: 26 abr. 2025.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO E AGRICULTURA FAMILIAR (MDA). **O que é – Selo Biocombustível Social**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mda/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/programas-projetos-acoes-obras-e-atividades/selo-biocombustivel-social/o-que-e>>. Acesso em: 10 ago. 2025.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO E AGRICULTURA FAMILIAR (MDA). **Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – Pronaf**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mda/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/programas-projetos-acoes-obras-e-atividades/programa-nacional-de-fortalecimento-da-agricultura-familiar-pronaf>>. Acesso em: 10 ago. 2025.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO E AGRICULTURA FAMILIAR (MDA). **Selo Combustível Social**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mda/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/programas-projetos-acoes-obras-e-atividades/selo-biocombustivel-social>>. Acesso em: 26 mai. 2025.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS (MDIC). **COP29, Brasil entrega à ONU nova NDC alinhada ao Acordo de Paris**. 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2024/novembro/brasil-entrega-a-onu-nova-ndc-alinhada-ao-acordo-de-paris>>. Acesso em: 13 jan. 2025.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013 Relatório Final**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80060/Inventario_de_Emissoes_por_Veiculos_Rodoviaros_2013.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2025.

OUR WORLD IN DATA. **CO₂ Emissions. How much CO₂ does the world emit? Which countries emit the most?** Disponível em: <<https://ourworldindata.org/co2-emissions>>. Acesso em: 26 abr. 2025.





OUR WORLD IN DATA. **Greenhouse gas emissions by sector, Brazil.** Disponível em: <<https://ourworldindata.org/grapher/ghg-emissions-by-sector?country=~BRA>>. Acesso em: 26 abr. 2025.

RUSSIAN BIOFUELS ASSOCIATION. [s.d]. Disponível em: < <http://biofuels.ru/>>. Acesso em: 19 dez. 2024.

SANTANDER. **Compense suas emissões de CO₂ ou venda seus CBIOS com o apoio do Santander.** Disponível em: <<https://cbio.santander.com.br/>>. Acesso em: 19 abr. 2025.

SEBRAE ENERGIA. **Relatório Mercado de Biocombustíveis no Brasil.** Disponível em: <<https://www.sebraeenergia.com.br/indice/geral/mercado-de-biocombustiveis-no-brasil/>>. Acesso em: 26 mai. 2025.

SERPRO. **Plataforma CBIO.** [s.d]. Disponível em: <<https://loja.serpro.gov.br/plataformacbio>>. Acesso em: 5 dez. 2024.

SERPRO.	Plataforma	CBIO.	Disponível	em:
< https://plataformacbio.serpro.gov.br/plataformacbio/login.aspx >. Acesso em: 19 abr. 2025.				

SERPRO.	Plataforma	CBIO.	Tutoriais	Disponível	em:
< https://demonstra.serpro.gov.br/tutoriais/plataforma_cbio/html >. Acesso em: 19 abr. 2025.					

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **Análise das Emissões de Gases de Efeito Estufa e suas Implicações Para as Metas Climáticas do Brasil 1970-2023.** 2024. Disponível em:< <https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2024/11/SEEG-RELATORIO-ANALITICO-12.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2025.

THE INTERNATIONAL TRACKING STANDARD FOUNDATION. **Product Code for electricity.** [s.d]. Disponível em: <<https://www.trackingstandard.org/product-code/electricity/>>. Acesso em: 18 dez. 2024.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (TCU). Acórdão nº 251/2023 – Plenário. **Relatório de Auditoria de Natureza Operacional. Avaliação das Políticas Públicas Federais que Fomentam o Uso de Biocombustíveis.** Disponível em: < https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/documento/acordao-completo/*/NUMACORDAO%253A251%2520ANOACORDAO%253A2023%2520COLEGIADO%253A%2522Plen%25C3%25A1rio%2522/DTRELEVANCIA%2520desc%252C%2520NUMACORDAOINT%2520desc/0>. Acesso em: 10 out. 2025.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (TCU). **Relatório de Fiscalizações em Políticas e Programas de Governo (RePP 2024).** Disponível em: <<https://sites.tcu.gov.br/relatorio-de-politicas/2024/>>. Acesso em: 19 abr. 2025.

União Nacional de Etanol de Milho (UNEM). **Dados Setoriais UNEM.** [s.d]. Disponível em: <<https://etanoldemilho.com.br/dados-setoriais/>>. Acesso em: 6 dez. 2024.

UNITED NATIONS FOR CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **National Determination to Contribute and Transform (NDC).** 2024. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/2024-11/Brazil_Second%20Nationally%20Determined%20Contribution%20%28NDC%29_November2024.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2024.

UNITED STATES CONGRESS. **Farm to Fly Act of 2023.** H.R.6271. Disponível em: <<https://www.congress.gov/bill/118th-congress/house-bill/6271/text>>. Acesso em: 27 dez. 2024.





UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Biofuels Annual. Country: Brazil.** Report Number: BR2024-0022. 2024a. Disponível em: < <https://fas.usda.gov/data/brazil-biofuels-annual-11>>. Acesso em: 17 dez. 2024.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Biofuels Annual. Country: China.** Report Number: CH2024-0100. 2024b. Disponível em: < <https://fas.usda.gov/data/china-biofuels-annual-10>>. Acesso em: 17 dez. 2024.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Biofuels Annual. European Union.** Report Number: E42024-0024. 2024c. Disponível em: <<https://fas.usda.gov/data/european-union-biofuels-annual-4>>. Acesso em: 19 dez. 2024.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Biofuels Annual. Country: India.** Report Number: IN2024-0024. 2024d. Disponível em: <<https://fas.usda.gov/data/india-biofuels-annual-9>>. Acesso em: 17 dez. 2024.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Biofuels Annual. Country: Indonesia.** Report Number: ID2024-0018. 2024e. Disponível em: <<https://fas.usda.gov/data/indonesia-biofuels-annual-8>>. Acesso em: 19 dez. 2024.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Biofuels Annual. Country: Japan.** Report Number: JA2024-0057. 2024f. Disponível em: <<https://fas.usda.gov/data/japan-biofuels-annual-8>>. Acesso em: 19 dez. 2024.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Biofuels Annual. Country: Malasya.** Report Number: MY2024-0010. 2024g. Disponível em: < <https://fas.usda.gov/data/malaysia-biofuels-annual-7>>. Acesso em: 19 dez. 2024.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Biofuels Annual. Country: Russia.** Report Number: RS1737. 2024h. Disponível em: <<https://fas.usda.gov/data/russia-biofuels-annual-1>>. Acesso em: 17 dez. 2024.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Biofuels Annual. Country: Thailand.** Report Number: TH2024-0032. 2024i. Disponível em: < <https://fas.usda.gov/data/thailand-biofuels-annual-8>>. Acesso em: 17 dez. 2024.

UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY (USDE). **Sustainable aviation fuel Grand Challenge.** [s.d]. Disponível em: <<https://www.energy.gov/eere/bioenergy/sustainable-aviation-fuel-grand-challenge>>. Acesso em: 31 dez. 2024.

UNITED STATES DEPARTMENT OF THE TREASURY. **Inflation Reduction Act.** [s.d]. Disponível em: <<https://home.treasury.gov/policy-issues/inflation-reduction-act>>. Acesso em: 31 dez. 2024.

UNITED STATES ENVIROVENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Overview of the renewable fuel standard program.** 2015. Disponível em: <<https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/overview-renewable-fuel-standard-program>>. Acesso em: 18 dez. 2024.

WWF-BRASIL. **Potencial de Produção Sustentável de Biocombustíveis no Brasil – 2030.** Disponível em: <https://wwfbr.awsassets.panda.org/downloads/potencial_de_producao_sustentavel_de_biocombustiveis.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2025.





MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



10 anos
ONTL
Observatório Nacional de Transporte e Logística

INFRA S.A.