



Nota Técnica

Investimentos e Custos Operacionais e de Manutenção no Setor de Biocombustíveis: 2025 - 2034

Novembro de 2024



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Coordenação Executiva

Angela Oliveira da Costa

Coordenação Técnica

Rafael Barros Araujo

Rachel Martins Henriques

Equipe Técnica

Ana Paula Oliveira Castro

Angela Oliveira da Costa

Bruna Souza Lopes Graça

Danilo Perecin

Euler João Geraldo da Silva

Letícia Gonçalves Lorentz

Marina Damião Besteti Ribeiro

Paula Isabel da Costa Barbosa

Rachel Martins Henriques

Rafael Barros Araujo

Imagens da Capa

1. Divulgação livre. Obtido em Freepik.



Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário-Executivo

Arthur Cerqueira Valerio

Secretário de Energia Elétrica

Gentil Nogueira de Sá Junior

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vitor Eduardo de Almeida Saback

Secretário de Transição Energética e Planejamento

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Secretário de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

Pietro Adamo Sampaio Mendes

www.mme.gov.br



Presidente

Thiago Guilherme Ferreira Prado

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Thiago Ivanoski Teixeira

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Reinaldo da Cruz Garcia

Diretora de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretor de Gestão Corporativa

Carlos Eduardo Cabral Carvalho

www.epe.gov.br

VALOR PÚBLICO

A EPE REALIZA ESTUDOS E PESQUISAS PARA SUBSIDIAR A FORMULAÇÃO, IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO DA POLÍTICA E DO PLANEJAMENTO ENERGÉTICO BRASILEIRO.

COM ESTA NOTA TÉCNICA A EPE DIVULGA PREMISSAS E ESTIMATIVAS DE INVESTIMENTOS (CAPEX) E CUSTOS OPERACIONAIS E DE MANUTENÇÃO (OPEX) RELATIVOS AOS PRINCIPAIS BIOCOMBUSTÍVEIS PARA O PERÍODO 2025-2034.

ESTÃO INCLUÍDOS ETANOL (CANA-DE-AÇÚCAR - 1G E 2G - E MILHO), BIODIESEL, BIOMETANO (ORIUNDO DO SETOR SUCROENERGÉTICO), COMBUSTÍVEL SUSTENTÁVEL DE AVIAÇÃO (SAF, SUSTAINABLE AVIATION FUEL) E DIESEL VERDE, ALÉM DO COPROCESSAMENTO DE ÓLEO VEGETAL E DE TÉCNICAS COMO O BIO-CCS.

■ Identificação do Documento e Revisões



Área de estudo

Diretoria de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (DPG)

Superintendência de Derivados de Petróleo e Biocombustíveis (SDB)

Estudo

Investimentos e Custos Operacionais e de Manutenção no Setor de Biocombustíveis: 2025 - 2034

Revisão	Data de emissão	Descrição
r0	28/11/2024	Publicação Original

■ Sumário

Introdução	1
1. Etanol	2
2. Biodiesel	5
3. Biometano no setor sucroenergético.....	7
4. Combustível sustentável de aviação.....	8
5. Diesel verde e outros biocombustíveis	10
6. Consolidação das estimativas de CAPEX e OPEX	11
7. Análises de sensibilidade	13
Agradecimentos.....	15
Anexo	15
Referências bibliográficas	16

■ Lista de Tabelas

Tabela 1. Estimativa de CAPEX das usinas de cana de primeira geração	2
Tabela 2. Estimativas de CAPEX e OPEX para etanol entre 2025 e 2034	4
Tabela 3. Estimativas de CAPEX e OPEX para biocombustíveis entre 2025 e 2034	11
Tabela 4. Investimentos potenciais para SAF	13
Tabela 5. Estimativas de CAPEX e OPEX para biocombustíveis entre 2024 e 2034	15

■ Lista de Gráficos

Gráfico 1: CAPEX para etanol entre 2025 e 2034 (bilhões de R\$ e %)	5
Gráfico 2: CAPEX para biocombustíveis entre 2025 e 2034 (bilhões de R\$ e %)	12

■ Lista de Figuras

Figura 1: Projetos para combustíveis sustentáveis de aviação (SAF)	9
--	---

Introdução

A presente Nota Técnica tem por objetivo divulgar as premissas e estimativas de investimentos (CAPEX, *capital expenditure*) e custos operacionais e de manutenção (OPEX, *operational expenditure*) relativas aos biocombustíveis para o período 2025-2034. Estão incluídos etanol (cana-de-açúcar - 1G e 2G - e milho), biodiesel, biometano (oriundo do setor sucroenergético), combustível sustentável de aviação (SAF, *sustainable aviation fuel*) e diesel verde, além do coprocessamento de óleo vegetal e de técnicas como o bio-CCS. Os valores de oferta e demanda dos biocombustíveis são referentes ao Caderno de Oferta de Biocombustíveis do Plano Decenal de Expansão de Energia 2034 (PDE 2034) e ao cenário médio do documento Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto 2025-2034 (EPE, 2024a, 2024d).

Observa-se que os estudos para se estimar a parcela dos investimentos indicativos (“cenarizados”) foram elaborados quando o Projeto de Lei do Combustível do Futuro ainda estava em tramitação no Congresso Nacional. Tendo em vista a promulgação da Lei nº 14.993/2024, sancionada pelo Presidente Lula em 8 de outubro de 2024 (BRASIL, 2024), e que a regulamentação das propostas deverá ocorrer nos próximos anos, é provável que o total de investimentos a ser efetivamente realizado seja superior ao estimado nesta Nota Técnica. Nesse sentido, ao final do documento, é apresentada uma série de análises de sensibilidade que buscam estimar a potencialidade de investimentos poderão ser materializados com a Lei do Combustível do Futuro. Considerou-se a legislação vigente relativa aos percentuais de mistura obrigatória de biocombustíveis nos combustíveis comerciais.

Nesta nota técnica são considerados os investimentos do período de 2025 a 2034. De forma a ser comparável ao indicado no PDE 2034, são apresentados no anexo os valores relativos entre 2024 e 2034. Além disso, a referência utilizada para os valores monetários foi dezembro de 2023, equivalente ao PDE 2034.

1. Etanol

A projeção da produção nacional de etanol alcançará 48,5 bilhões de litros em 2034, conforme EPE (2024a) e no cenário de crescimento médio apresentado em EPE (2024d)¹. Além da participação da cana de primeira geração, os volumes de etanol de milho e de etanol lignocelulósico atingirão, respectivamente, 14,3 bilhões e 1,1 bilhão de litros em 2034. A quantidade de cana destinada para a produção do biocombustível é estimada em 384,2 milhões de toneladas, cerca de 53% do total.

Etanol de cana-de-açúcar de primeira geração

No período de estudo (2025-2034), estima-se a entrada de duas novas² unidades (*greenfield*) de cana e uma reativação, que aumentam a capacidade nominal de moagem em 4,5 milhões de toneladas (capacidade de produção de etanol³ de 380 milhões de litros) (ANP, 2024a). Considera-se, também, a ampliação de capacidade de produção de etanol em usinas existentes em 2,3 bilhões de litros, conforme Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP (2024a).

Para a avaliação dos investimentos necessários no médio prazo, considerou-se que as unidades seriam mistas (permitindo a produção de etanol e açúcar), com perfil tecnológico otimizado e tamanho médio de 4 milhões de toneladas de capacidade nominal de moagem de cana, com investimento médio de R\$ 605,8/tc⁴ (IBGE, 2024; FGV, 2024; LNBR, 2022). Já para a expansão de unidades existentes, adotou-se um investimento médio de R\$ 271,7/tc (NOVACANA, 2024a; FGV, 2024). Tais valores consideram o arrendamento de terra, maquinário agrícola e a parte industrial com cogeração otimizada, conforme detalhado na Tabela 1.

Tabela 1. Estimativa de CAPEX das usinas de cana de primeira geração

CAPEX	R\$ (dez. 2023) / tc
Novas unidades (<i>Greenfield</i>)	605,8
Industrial (inclui cogeração otimizada)	482,4
Maquinário agrícola (inclui caminhões)	96,7
Arrendamento (região Centro-Oeste)	26,7
Expansão de usinas existentes (<i>Brownfield</i>)	271,7

Fonte: EPE com base em IBGE (2024), FGV (2024), LNBR (2022) e NOVACANA (2024a)

Dessa forma, os investimentos em capacidade industrial, somente para o etanol de cana de primeira geração, serão da ordem de R\$ 5,4 bilhões, dos quais cerca de R\$ 3,9 bilhões referem-se às expansões e o restante corresponde às unidades *greenfields*.

¹ Para a projeção, considerou-se o percentual de mistura obrigatória do etanol anidro na gasolina C de 27%.

² Uma dessas unidades é de pequeno porte, com capacidade de produção de etanol de 3 m³/dia (ANP, 2024a).

³ Considera 200 dias de safra.

⁴ O CAPEX foi dado por tonelada de cana, visto ser possível a destinação de parte do ATR para produzir açúcar, o que não ocorre nas unidades de E2G e etanol de milho.

O custo da formação do canavial considerou a participação de cada região produtora (Centro-Sul e Nordeste) e seus custos relativos, registrados na safra 2023/24 (PECEGE, 2024). Assumiu-se também a proporção de 17% entre as áreas de cana planta (nova + renovada) e cana total. Desta forma, obteve-se um custo médio de aproximadamente R\$ 37,6/tc. O investimento em formação do canavial para o etanol foi estimado em R\$ 22,3 bilhões.

Em relação aos custos operacionais (OPEX), utilizou-se o indicador de 2,23 R\$/litro, com base em custos de biomassa (87%), custos industriais (13%) da região Centro-Sul, e produção de etanol por ano, o que resulta no valor de R\$ 645,4 bilhões em todo o período (PECEGE, 2024 e EPE, 2024b). O cálculo do OPEX considerou a cana destinada à produção de etanol de todas as unidades em operação a cada ano.

Etanol lignocelulósico

Para o etanol lignocelulósico (2G, segunda geração), considerou-se a entrada de doze unidades anexas às de primeira geração, com capacidade específica média de produção de etanol de 82 mil m³/ano no período de estudo. A estimativa de investimentos tem como base os valores das unidades comerciais em operação no Brasil e os anúncios que vêm sendo realizados desde 2022 para projetos deste tipo, estabelecendo-se um fator de R\$ 14,60/litro (RAÍZEN, 2024a, 2024b). Desta forma, os investimentos totalizam R\$ 14,4 bilhões entre 2025 e 2034.

Considera-se também o volume projetado para a produção de E2G, de 1,1 bilhão de litros em 2034 (EPE, 2024a). O custo operacional estimado, atualizado para dezembro de 2023, é de R\$ 1,88/litro (LNBR, 2022), o que leva a um OPEX de R\$ 12,6 bilhões.

Etanol de milho

Em relação ao etanol de milho (inclui soja e outros cereais, para simplificar a análise), o cenário de referência projeta um aumento da capacidade de produção de etanol em 6,9 bilhões de litros, considerando as ampliações e construções autorizadas pela ANP (sete unidades), além de ampliações e novas unidades indicativas, sendo que a maioria delas será *full*⁵ (ANP, 2024a). Dessa forma, a capacidade de produção totalizará 15,5 bilhões de litros em 2034, com a produção alcançando 14,3 bilhões de litros.

O CAPEX para a implantação de uma usina *flex* é de R\$ 1,29/litro e, para uma usina *full*, é de R\$ 2,55/litro (LNBR, 2022; IBGE, 2024). O OPEX somente foi considerado para este último tipo de unidade e equivale a R\$ 1,86/litro (IBGE, 2024; NOVACANA, 2024a). Para a unidade *flex*, assumiu-se que esta despesa será alocada na unidade produtora de etanol de cana.

Desta forma, entre 2025 e 2034, o investimento estimado na construção de plantas de etanol de milho é da ordem de R\$ 17 bilhões e os custos operacionais de R\$ 113,3 bilhões.

⁵ Ou seja, usinas que se dedicam inteiramente ao processamento de milho para a produção de etanol. No caso da usina *flex*, estas comumente são usinas de cana-de-açúcar que se adequam ao processamento de milho na entressafra da cana, para manter sua produção de etanol neste período. Há possibilidades para a produção em paralelo durante a safra também.

Infraestrutura de escoamento de etanol

Com a expansão projetada do mercado de etanol, fortalecida com o significativo crescimento da oferta de etanol de milho, e o aumento da capacidade de armazenamento por parte das usinas, é necessário investir na diversificação dos modos utilizados na distribuição, a fim de escoar o excedente de produção da forma mais eficiente possível. Atualmente, a maior parte do etanol produzido é transportada via sistema rodoviário; entretanto os modos ferroviário e dutoviário representam alternativas de menor emissão de gases de efeito estufa (GEE), que podem ser mais bem explorados (EPE, 2024b).

A EPE publicou o Plano Indicativo de Oleodutos (PIO), que objetiva o aperfeiçoamento da análise dos fluxos logísticos de abastecimento, por meio do desenvolvimento de estudos de viabilidade técnica, socioeconômica e ambiental de projetos de dutos de transporte e sistemas associados, visando atender às demandas nacionais existentes (EPE, 2024c). A partir do aumento da produção de etanol de milho na região Centro-Oeste, é provável que aumente o interesse de ampliação da malha dutoviária para movimentação do etanol para esta região.

A Logum Logística S.A. realiza investimentos em um projeto de construção de dutos próprios e na utilização de existentes, com capacidade de movimentação anual de 9,0 bilhões de litros⁶. Foram investidos R\$ 220 milhões para a otimização das operações, com elevada concentração na região Centro-Sul do país – que fazem parte do pacote de R\$3 bilhões de investimentos (INFOMONEY, 2023).

A Tabela 2 sintetiza os investimentos em etanol no período de 2025 a 2034, para unidades *brownfield* e *greenfield*.

Tabela 2. Estimativas de CAPEX e OPEX para etanol entre 2025 e 2034

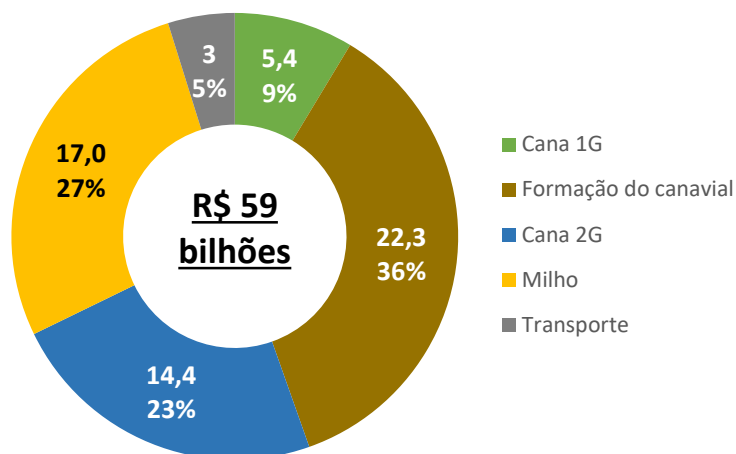
ETANOL	CAPEX (R\$ Bilhões)	OPEX (R\$ Bilhões)
Etanol de Cana 1G	5,4	81,2
Formação do canavial	22,3	564,2
Etanol de Cana 2G	14,4	12,6
Etanol de Milho	17,0	113,3
TOTAL	59,1	771,3
Transporte	3,0	n/e

Fonte: EPE com base em IBGE (2024), FGV (2024), LNBR (2022), INFOMONEY (2023), NOVACANA (2024a), RAÍZEN (2024a, 2024b)

O Gráfico 1 apresenta a participação e valores de CAPEX industrial e de formação do canavial para o etanol entre 2025 e 2034.

⁶ Em 2023, foram movimentados mais de 4,3 bilhões de litros, equivalente a 12% da produção nacional.

Gráfico 1: CAPEX para etanol entre 2025 e 2034 (bilhões de R\$ e %)



Fonte: EPE com base em IBGE (2024), FGV (2024), LNBR (2022), INFOMONEY (2024), NOVACANA (2024a) e RAÍZEN (2024a, 2024b)

Observe-se que, incorporando os investimentos relativos à produção de açúcar, os valores para cana 1G atingiriam R\$ 6,7 bilhões na parte industrial e R\$ 42,2 bilhões para a formação do canavial (R\$ 48,9 bilhões no total), já os custos operacionais alcançariam R\$ 1,3 trilhão ao final do período.

2. Biodiesel

O consumo de biodiesel é determinado pelo seu percentual a ser adicionado à demanda projetada de diesel B, a qual atinge 83,5 bilhões de litros em 2034⁷ (EPE, 2024a). Além disso, também existe a possibilidade de o biodiesel ser usado no setor aquaviário, como uma alternativa para a descarbonização desse segmento de transporte. Em 2024, a ANP autorizou, em caráter especial, a comercialização do óleo combustível marítimo (*bunker*), pela Petrobras, com uma mistura de até 24% de biodiesel, em volume (EPE, 2024a). Com isso, o consumo adicional de biodiesel estimado pode chegar a até 1,1 bilhão de litros para adição ao *bunker* (EPE, 2024a).

Quanto à regulamentação do uso do biodiesel, em 1º de abril de 2023, a adição do biocombustível foi alterada para 12%, segundo Resolução CNPE nº 3/2023 (CNPE, 2023a), a qual também estabeleceu seu crescimento, no mesmo dia e mês, para 13% (B13) em 2024, para 14% em 2025 e para 15% em 2026. Todavia, em dezembro do mesmo ano, a Resolução CNPE nº 8/2023 atualizou o percentual de mistura, estabelecendo o teor de 14% para março de 2024, e de 15% para março do ano seguinte (CNPE, 2023b).

⁷ Projeção com base no divulgado nos Cadernos de Estudos do PDE 2034 (EPE, 2024a).

Recém promulgada, a Lei do Combustível do Futuro estabelece um cronograma de evolução dos percentuais de adição obrigatória do biodiesel ao diesel B, condicionado à constatação de sua viabilidade técnica e avaliação de viabilidade das metas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). O cronograma se inicia com o percentual de 15% a partir de março de 2025, crescendo um ponto percentual a cada ano até atingir 20% em 2030. Entretanto, nesta nota de investimentos, considera-se a regulamentação vigente, Resolução CNPE nº 8/2023, na qual o percentual de 15% se mantém até 2034.

No presente ciclo de estudos, 2025-2034, o cálculo de investimentos foi realizado com base nos dados sobre ampliação e construção de novas unidades de biodiesel da ANP (ANP, 2024a). De acordo com as informações disponibilizadas em maio de 2024, as quatro solicitações de ampliação alcançam 0,33 bilhão de litros e a construção de sete novas unidades soma 0,89 bilhão de litros.

Sobre este total (1,22 bilhão de litros), aplicou-se um CAPEX médio de R\$ 0,68/litro/ano para novas unidades e R\$ 0,49/litro/ano para ampliações (BIODIESELBR, 2024), o que representa investimentos de R\$ 0,77 bilhão (2025-2034).

Observa-se que, adotado um fator de utilização (FUT) de 92%, devido a paradas programadas e eventos adversos, a capacidade efetiva de produção de biodiesel seria de cerca de 15 bilhões de litros ao final do período, o que representaria uma ociosidade de cerca de 16% quando comparado à produção de 12,5 bilhões de litros e de 9% quando se adiciona o biodiesel para *bunker* exportação.

Considerando que a soja permanecerá como o principal insumo utilizado na produção de biodiesel, com cerca de 70% em média no período de estudo (ABIOVE, 2024a), a projeção de investimentos na sua capacidade de processamento tem por base a implantação de unidades de 4.000 t/dia, com um custo estimado de R\$ 589 milhões (ABIOVE, 2024b). Estas unidades produzem farelo, óleo de soja alimentício e para outros fins, incluindo a produção de biodiesel.

Para a análise da necessidade de esmagamento adicional de grãos, contemplou-se apenas a demanda complementar de óleo de soja para a produção de biodiesel e a capacidade de esmagamento de soja de 69 milhões de toneladas por ano em dezembro de 2023 (ABIOVE, 2024c). Destaca-se que não foram considerados investimentos necessários para o processamento de outros tipos de oleaginosas, embora existam políticas públicas para maior diversificação dos insumos em curso, valorizando as biomassas regionais⁸. Estimou-se que será necessário implantar dezesseis unidades de processamento de soja, totalizando 23,4 Mt/ano em capacidade de esmagamento, o que representaria um investimento de R\$ 13,8 bilhões até 2034. Tal aumento, em comparação ao ano de 2023 (que demandava um investimento de R\$ 4,2 bilhões), se justifica pela expansão da demanda esperada de óleos para a produção de biocombustíveis do ciclo Diesel, o que inclui: a porcentagem mandatária, o *bunker*, o diesel verde, o coprocessado e o SAF (na rota HEFA⁹) (EPE, 2024a).

⁸ Os materiais graxos (mistura que chega às usinas sem caracterização específica) e o sebo bovino contabilizam, respectivamente, 15% e 7% de matérias-primas na produção do biodiesel (ainda significativamente abaixo do óleo de soja).

⁹ Querosene parafínico sintetizado por ácidos graxos e ésteres hidroprocessados.

O OPEX para a produção do biodiesel foi estimado com base nos preços médios de venda dos volumes comercializados entre produtores e distribuidores em 2023 (ANP, 2024b) e em informações de especialistas do setor (UBRABIO, 2019), resultando em um fator de R\$ 0,67/litro. Os custos operacionais entre 2025 e 2034 são estimados em R\$ 77,5 bilhões. Observa-se que as unidades de produção de biodiesel têm um perfil intermitente ao longo do ano e, desde janeiro de 2022, o setor possui um sistema de comercialização a partir da livre negociação entre produtores e distribuidores (CNPE, 2020). Desta forma, estima-se que este indicador de custo possua grande amplitude.

3. Biometano no setor sucroenergético

A Lei do Combustível do Futuro cria o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador do Gás Natural e de Incentivo ao Biometano, tendo como objetivo o fomento a duas vertentes de projetos do biocombustível: a conexão às redes de transporte e distribuição de gás e o abastecimento de veículos movidos a metano. Como instrumento, a Lei institui que o CNPE será responsável por definir metas anuais para redução de emissões de GEE pelo setor de gás natural, a ser cumprida diretamente pela compra ou utilização de biometano, ou ainda, por meio da aquisição de certificados de garantia de origem de biometano (CGOB). O Programa Gás para Empregar, promovido pelo Governo Federal visando ao melhor aproveitamento do gás natural produzido no país, também poderá impactar positivamente o biometano.

Verifica-se, portanto, a convergência do Combustível do Futuro e do Gás para Empregar, com o biometano se tornando elemento fundamental da expansão da oferta de gás na malha, ao passo que reduz sua pegada de carbono. A utilização de biometano como combustível no setor de transporte, com destaque para o abastecimento de veículos pesados, combina ainda o legado do RenovaBio.

As políticas públicas indicam um cenário de crescimento significativo do biometano, que já se reflete nos registros de construção de usinas na ANP para um horizonte de curto prazo, com plantas cuja previsão de finalização se estendem até 2026. Os investimentos referentes a essas usinas são avaliados a seguir, enquanto uma projeção de novas plantas a partir de 2027 é abordada no Anexo.

Considerando as solicitações de construção e ampliação de usinas de biometano registradas na ANP (ANP, 2024a), nota-se a aceleração dos projetos no último ano. Enquanto em 2023 verificavam-se quatro projetos, em maio de 2024 constava o registro de 23 projetos, que se vinculam tanto ao setor sucroenergético quanto ao setor de resíduos sólidos urbanos (RSU)¹⁰. Do total, 16 têm previsão de implantação a partir de 2025, dentre os quais cinco situam-se na região Sudeste, cinco na região Sul, quatro na região Centro-Oeste e dois no Nordeste (ANP, 2024a).

¹⁰ Nos últimos anos, estão sendo estruturados cada vez mais planos municipais de resíduos sólidos urbanos e saneamento, assim como em 2022 foi lançado o documento do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (MMA, 2022). Neste, já se elucida o potencial de vinculação dos resíduos e da produção do biometano.

Com base nas informações das solicitações de enquadramento no Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI), foram obtidos fatores de investimentos específicos para cada planta, replicando-os para projetos sem informações. Os 16 projetos totalizam a capacidade de produção de 902 mil Nm³/dia e CAPEX de R\$ 2,4 bilhões (ANP, 2024a; BNDES, 2024; MME, 2022), o que resulta em um fator de investimento de R\$ 2.701,5 por Nm³/dia. Estima-se que o OPEX em todo o horizonte seja de R\$ 384,5 milhões.

A partir da mesma premissa de investimento, podem-se avaliar os recursos necessários para desenvolver o potencial de biometano de resíduos do setor sucroenergético. Adotou-se como base o PDE 2034 (EPE, 2024d), que estimou o potencial de produção de biogás por meio da digestão anaeróbia da vinhaça e torta de filtro¹¹, em 2034, no cenário de referência, em 6,4 bilhões de Nm³ de biogás, equivalentes a 3,5 bilhões de Nm³ de biometano¹². Desta forma, o CAPEX estimado para a instalação de capacidade suficiente para efetivar essa oferta de biometano seria da ordem de R\$ 31,5 bilhões. Admitiu-se que a produção de biometano ocorrerá em área contínua às usinas do setor sucroenergético, utilizando parte das instalações existentes.

Os custos de operação e manutenção foram calculados com base em dados fornecidos pelo BNDES (2020a; 2020b), referentes ao perfil de uma planta produtora de biogás de 33 milhões de Nm³/ano e 18,2 milhões de Nm³/ano de biometano. Considerando o potencial de produção do setor, obtém-se uma despesa acumulada entre 2025 e 2034 da ordem de R\$ 4,7 bilhões para o biometano, tendo como referência um fator de R\$ 0,142/Nm³.

4. Combustível sustentável de aviação

Analogamente ao caso do biometano, a Lei do Combustível do Futuro também busca promover a expansão da produção nacional de SAF. Para isso, traz como uma de suas diretrizes, o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação, o ProBioQAV, que obriga as empresas aéreas a reduzirem as emissões de gases de efeito estufa nos voos domésticos, por meio do uso do SAF. O período da redução obrigatória se inicia em 2027, com uma meta anual de redução de 1%, que aumenta, gradativamente, até chegar a 10% em 2037.

No cenário internacional, a Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO) estabeleceu os objetivos de crescimento carbono neutro a partir de 2020 e de atingir o *net zero* até 2050, por meio do CORSIA (*Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*), mecanismo de mercado concebido para apoiar o processo de redução das emissões do setor.

¹¹ Caso viabilizada de forma sustentável a coleta de 20% das palhas e pontas, seriam acrescidos 5,4 bilhões de Nm³/ano de biogás ao potencial do setor, representando 3 bilhões de Nm³ de biometano, totalizando 11,8 bilhões de Nm³/ano de biogás e 6,5 bilhões de Nm³ de biometano em 2034, sendo o investimento total de R\$ 58,5 bilhões.

¹² Por simplificação, admitiu-se que toda a produção de biogás será purificada, originando biometano, ou seja, não haverá destinação para a geração elétrica a partir deste insumo.

Para estimar os investimentos a serem realizados no horizonte decenal, foi realizado um levantamento dos projetos comerciais já divulgados por empresas do setor. Na Figura 1, estão identificados três projetos com maior probabilidade de implantação, que utilizam a rota HEFA e possuem produção consorciada de SAF e Diesel Verde:

- Brasil BioFuels (BBF) que utilizará óleos de palma, soja e milho como matéria-prima e possui previsão de operação em 2026 (BRASIL BIOFUELS, 2024);
- ACELEN, que usará óleo de soja e milho – na primeira fase, e óleo de macaúba no futuro, com implantação prevista para 2027 (ACELEN, 2024); e
- Petrobras que utilizará óleo de soja e sebo bovino, com implantação prevista para 2029 (PETROBRAS, 2024a).

A capacidade de produção total destes projetos é de 2,2 bilhões de litros/ano, sendo 50% para SAF e 50% para o diesel verde. Os investimentos estimados serão da ordem de R\$ 17,5 bilhões, sendo R\$ 8,7 bilhões alocados para cada um. Dessa forma, considerando o investimento ponderado pelo volume, o CAPEX estimado para os projetos anunciados da rota HEFA é de R\$ 7,02/litro de SAF. Por sua vez, os custos operacionais relacionados à produção do biocombustível nessas plantas se manterão em cerca de R\$ 3,42/litro de SAF, o que resultaria em um OPEX de R\$ 37,6 bilhões até o fim do período.

No anexo é apresentada a estimativa para a faixa de valores de investimentos para o atendimento das metas estipuladas no CORSIA e no ProBioQAv.

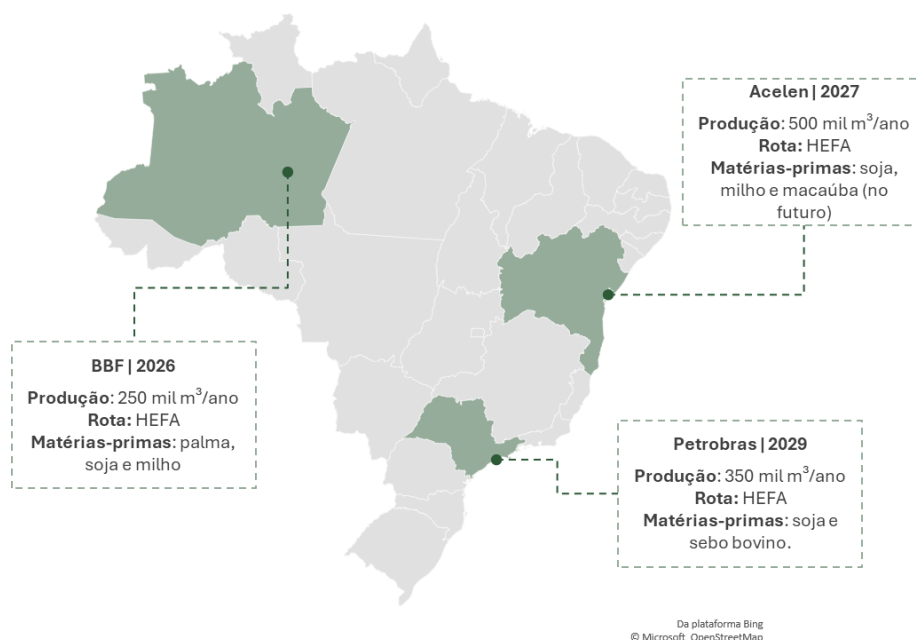


Figura 1: Projetos para combustíveis sustentáveis de aviação (SAF)

Fonte: EPE adaptado de ACELEN (2024), BRASIL BIOFUELS (2024) e PETROBRAS (2024a).

5. Diesel verde e outros biocombustíveis

O diesel verde, combustível renovável formado por uma mistura de hidrocarbonetos com composição química análoga ao fóssil, desponta como uma alternativa *drop-in* para o uso em motores ciclo Diesel. Existem desafios econômicos a serem vencidos para a viabilidade deste cenário, dentre os quais se destacam a definição da tecnologia para sua produção, bem como a escolha das matérias-primas que poderão ser utilizadas no processo. Iniciativas já aparecem para a produção do diesel verde do tipo HVO, usando óleo de soja, palma e macaúba (EPE, 2024a).

Similarmente ao SAF, o diesel verde também possui um programa específico instituído pela Lei do Combustível do Futuro. O Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV) objetiva incentivar a produção a partir de biomassa renovável, fixando, anualmente, uma participação mínima obrigatória de até 3% a ser adicionado ao diesel de origem fóssil. O CNPE será responsável pela determinação da participação mínima anual do biocombustível. Uma adição voluntária superior ao percentual de 3% também é permitida, desde que seja informada à ANP.

Com o PNDV, espera-se o crescimento de investimentos para os próximos anos no diesel verde. Por ser uma alternativa ao diesel, que não necessita alterações para seu uso, a demanda por tal biocombustível deve aumentar no futuro.

Como indicado no item relativo ao SAF, existem projetos em construção para a produção consorciada de SAF e HVO, com capacidade de produção total de 2,2 bilhões de litros/ano, sendo 50% para SAF e 50% para o diesel verde. Dessa forma, o CAPEX estimado para o diesel verde é de R\$ 8,7 bilhões. Por sua vez, o custo operacional relacionados à produção do biocombustível nessas plantas é estimado em R\$ 3,42/litro, resultando em um OPEX de R\$ 37,6 bilhões até o fim do período.

Coprocessamento de óleo vegetal

Outro processo relacionado ao ciclo Diesel é a produção de diesel coprocessado, combustível oriundo do coprocessamento de óleo vegetal com o diesel mineral, a ser realizado na refinaria, cujo resultado é um combustível com conteúdo renovável e, portanto, com menor pegada de carbono. A Petrobras, por meio de seu programa Biorrefino, visa a comercialização do diesel coprocessado, totalizando uma capacidade de produção de 63 mbpd, a partir das unidades REPAR, RPBC, REPLAN, REDUC e REGAP¹³, e devem ser investidos R\$ 3,0 bilhões até 2028 (PETROBRAS, 2024b; CNN, 2023).

¹³ Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR), 29 mbpd (Operando); Refinaria Presidente Bernardes, em Cubatão (RPBC), 9 mbpd (Operando); Refinaria de Paulínia (REPLAN), 6 mbpd; Refinaria Duque de Caxias (REDUC), 6 mbpd; Refinaria Gabriel Passos (REGAP), 13 mbpd.

Captura e Armazenamento geológico de carbono biogênico (Bio-CCS)

Dentre as soluções que podem vir a ser desenvolvidas a partir da Lei do Combustível do Futuro e de outros programas, como o RenovaBio, encontra-se também o bio-CCS ou BECCS (*BioEnergy with Carbon Capture and Storage*). O bio-CCS é a terminologia empregada para a captura e armazenamento geológico de dióxido de carbono proveniente da biomassa. A principal e mais iminente oportunidade para tal processo ocorre em usinas de etanol. O potencial de captura de carbono, na fermentação do álcool, pode chegar a 35 milhões de toneladas de CO₂/ano em 2034 (EPE, 2024a). O bio-CCS pode reduzir significativamente a intensidade de carbono no etanol, o que o torna competitivo e atraente, podendo aumentar o número de investimentos em tal tecnologia.

Os investimentos projetados para a instalação desse tipo de empreendimento são da ordem de R\$ 460 milhões, conforme anúncio da FS Bioenergia (NOVACANA, 2024b), sendo R\$ 110 milhões já realizados. Tendo sido o primeiro do tipo para Bio-CCS no Brasil, esperam-se avanços na curva de aprendizado, de maneira que os custos dos projetos subsequentes apresentem valores inferiores aos dispendidos neste caso. A segurança regulatória oferecida pelo Combustível do Futuro também pode contribuir para destravar a cadeia do CCS no país e favorecer a viabilidade dos futuros projetos.

6. Consolidação das estimativas de CAPEX e OPEX

A Lei do Combustível do Futuro deverá trazer impactos significativos para a produção dos biocombustíveis no Brasil, visto que incentiva sua geração local e seu maior uso para a descarbonização do país. Com isso, nos próximos anos, estima-se que serão realizados cada vez mais investimentos no setor.

Desse modo, com base no ciclo de estudos para o horizonte 2034 (EPE, 2024a; 2024d), estima-se que os investimentos (CAPEX) e custos operacionais (OPEX) para etanol, biodiesel, biometano, SAF, diesel verde, coprocessamento de óleo vegetal e bio-CCS serão da ordem de 100 bilhões e 924 bilhões de reais, respectivamente.

Tabela 3. Estimativas de CAPEX e OPEX para biocombustíveis entre 2025 e 2034

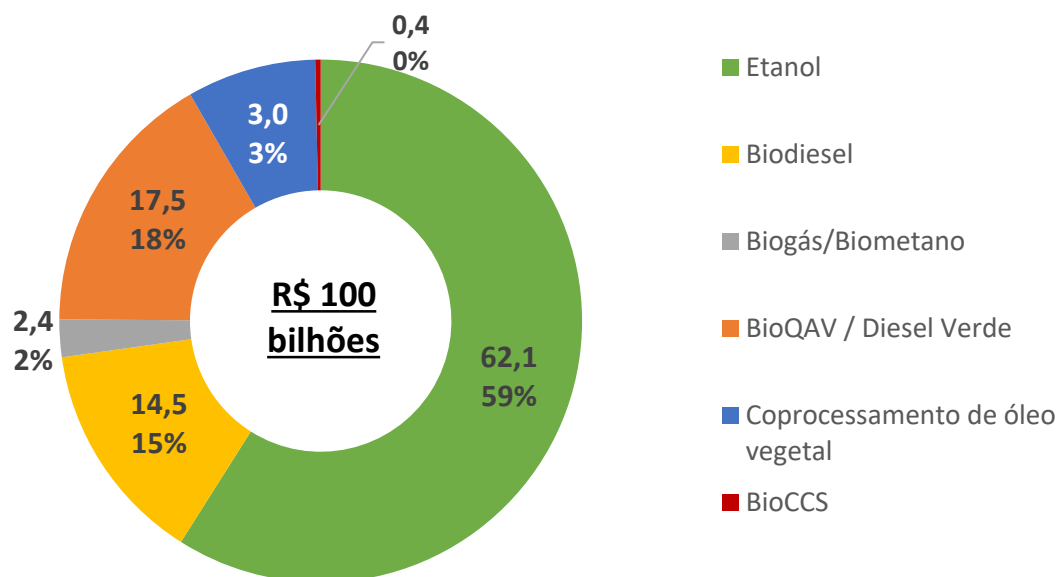
	CAPEX (R\$ Bilhões)	OPEX (R\$ Bilhões)
Etanol	62,1	771,3
Biodiesel	14,5	77,5
Biometano ¹	2,4	0,4
SAF / Diesel Verde	17,5	75,2
Coprocessamento de óleo vegetal	3,0	n/e
Bio-CCS	0,4	n/e
TOTAL	99,8	924,4

Nota 1: Para o biometano, consideram-se apenas os projetos em construção do setor sucroenergético.

Fonte: EPE (Elaboração própria)

O Gráfico 2 apresenta a participação e valores de CAPEX industrial para biocombustíveis, incluindo a formação do canavial para a produção de etanol, entre 2025 e 2034.

Gráfico 2: CAPEX para biocombustíveis entre 2025 e 2034 (bilhões de R\$ e %)



Fonte: EPE (Elaboração própria)

Considerando os investimentos relativos à produção de açúcar (cana 1G), o CAPEX dos biocombustíveis totaliza R\$ 121 bilhões e o OPEX R\$ 1.374 bilhões.

Combustíveis Sustentáveis de Aviação (SAF)

Dentre os biocombustíveis que poderão ser potencializados com a Lei do Combustível do Futuro, o SAF figura como uma das principais opções, por ter um programa específico, o ProBioQAV, com metas de redução das emissões a serem alcançadas no período de 2027 a 2037, além das metas internacionais estabelecidas pelo CORSIA. Tendo em vista que essas metas são para a redução de emissões e não para mandatos volumétricos, a demanda poderá variar de acordo com a intensidade de carbono das rotas e matérias-primas utilizadas.

Dessa forma, considerando o período deste estudo, a demanda por SAF em 2034 poderá variar entre 2,1 bilhões de litros (menores níveis de intensidade de carbono) e 6,5 bilhões de litros (maior intensidade de carbono). Por outro lado, sabe-se que a composição de rotas e matérias-primas para produção de SAF dependerá da avaliação de uma série de fatores, tais como a disponibilidade de recursos energéticos e financeiros, infraestrutura, custos, intensidade de carbono, aspectos geopolíticos, entre outros. Assim, por meio de uma avaliação multicritério, estimou-se que a demanda de SAF em 2034, poderá atingir cerca de 3 bilhões de litros (EPE, 2024a)¹⁴.

Atualmente, como analisado neste documento, a rota HEFA é a preferencialmente utilizada pelos projetos já anunciados, por ter o maior nível de prontidão tecnológica e histórico internacional mais extenso. Entretanto, o Brasil pode se destacar na produção do SAF a partir de outras, como a AtJ (*Alcohol to Jet*) e a FT (*Fischer Tropsch*), que se apresentam como promissoras, não só para o atendimento à crescente demanda, como por sua capacidade de redução da IC (EPE, 2024e). Com isso, procurou-se analisar a potencialidade de investimentos para as trajetórias de menor e maior intensidades de carbono, assim como pelo indicado na análise multicritério, calculando valores possíveis de CAPEX para a concretização de tais projetos.

Por meio da Tabela 4 é possível verificar que a trajetória da análise multicritério é a que possui menor investimento total, mesmo não apresentando o menor CAPEX (médio). Isto se deve à ponderação do custo de cada rota por volume, considerando as respectivas IC's/insumo, ou seja, a capacidade de redução de emissões, atrelada ao CAPEX de cada rota, comparativamente às demais trajetórias.

Tabela 4. Investimentos potenciais para SAF¹⁵

Combustível	CAPEX (R\$/litro)	Investimento total (R\$ Bilhões)
Trajeto�ria de menor IC (Rota FT)	43,39	89,0
Trajeto�ria de maior IC (Rota ATJ)	15,82	102,2
Trajeto�ria da an�lise multicrit�rio	21,94	65,9

Fonte: EPE com base Capaz et al. (2020), ICS (2022), GIZ (2022), Sharhriar, M & Khanal, A. (2022), IEA Bioenergy (2021).

¹⁴ Para maiores informações acesse “Caderno sobre Combustíveis Sustentáveis de Aviação no Brasil” (EPE, 2024e).

¹⁵ Os valores para as rotas AtJ e FT são baseados em variados estudos que refletem, principalmente, projetos realizados fora do Brasil. Torna-se relevante incluir a tropicalização de custos, aplicando-se um fator de majoração de 30%.

Aumento do teor de biodiesel

Este item busca verificar a necessidade de investimentos adicionais em capacidade instalada de produção de biodiesel e extração de óleos vegetais, tendo em vista a Lei do Combustível do Futuro, que propõe o aumento gradual do seu percentual de mistura ao diesel B, quando comparado ao estimado para o cenário de referência do PDE 2034, mistura vigente (B15).

Buscando verificar possíveis alternativas ao abastecimento nacional de combustíveis do ciclo Diesel, o PDE 2034 (EPE, 2024a) realiza uma análise de sensibilidade na qual o percentual de biodiesel no diesel B chega a 20% de mistura (B20) em 2030, permanecendo em tal patamar até 2034. Verifica-se, então, que a demanda pelo biocombustível chega a 16,7 bilhões de litros em 2034.

Além do aumento do percentual da mistura, a demanda de biodiesel para o modal aquaviário (hidroviário e *bunker*) pode alcançar 1,1 bilhão de litros em 2034, o que levaria a uma demanda total de 17,8 bilhões de litros neste mesmo ano.

Por sua vez, a capacidade efetiva de produção pode alcançar 14,9 bilhões de litros em 2034, de acordo com os pedidos de autorização de ampliação e construção da ANP, em maio de 2024.

Desta forma, nas condições dadas de infraestrutura e demanda projetada, o país apresentaria um *déficit* de 2,9 bilhões de litros na capacidade produtiva e uma necessidade adicional de 19 milhões de toneladas em capacidade de esmagamento de soja, o que exigiria investimentos de R\$2 bilhões e R\$ 11,2 bilhões, respectivamente, totalizando R\$13,2 bilhões distribuídos entre 2029 e 2034.

Entrada de usinas de biometano

O registro de plantas em construção da ANP, por sua essência, identifica apenas projetos em andamento, o que restringe o horizonte de entrada de novas usinas para o curto prazo. Na base de dados de maio de 2024, os projetos listados tinham prazo máximo de conclusão das obras até 2026.

Neste sentido, este item visa estimar os investimentos adicionais em plantas de biometano para o restante do período considerado neste documento (até 2034), realizando-se um cenário preliminar de entrada de novas usinas por ano a partir de 2027, restrito ao setor sucroenergético. Esse cenário adota como referência o ano de 2024, que, de acordo com registros atualizados da ANP em novembro de 2024, pode adicionar cinco novas plantas¹⁶ de biometano associadas a usinas de cana-de-açúcar. Propõe-se que, a partir de 2027 seja possível replicar o número de expansão verificado em 2024, o que acarretaria 40 unidades adicionais de biometano ao fim do período.

Com base em dados das usinas registradas na ANP, adotou-se a média de capacidade de 40 mil Nm³/dia de biometano por planta. Manteve-se o fator de investimento de R\$ 2.701,50 por Nm³/dia instalado. Nessas condições, os investimentos anuais seriam da ordem de R\$ 540,3 milhões, somando R\$ 4,3 bilhões adicionais entre 2027-2034, apenas a partir de resíduos da cana-de-açúcar.

¹⁶ Destas unidades, uma havia obtido licença de operação, três indicavam obras finalizadas, e uma tinha previsão de conclusão em dezembro do mesmo ano, segundo os registros da ANP de novembro de 2024.

Agradecimentos

Agradecemos ao Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social pela disponibilidade de informações utilizadas para a elaboração deste documento, ao Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas/ESALQ/USP (PECEGE), ao Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR) e ao Analista de Pesquisa Energética da EPE, Filipe de Pádua Fernandes Silva, pela revisão do documento.

Anexo

Resultados do período 2024-2034

A Tabela 5 apresenta o CAPEX e OPEX referentes ao período 2024-2034, deflacionados para dezembro de 2023, de forma a tornar possível a comparação com os resultados de investimentos elencados no PDE 2034.

Tabela 5. Estimativas de CAPEX e OPEX para biocombustíveis entre 2024 e 2034

	CAPEX (R\$ Bilhões)	OPEX (R\$ Bilhões)
Etanol	66,8	836,6
Cana 1G	5,4	88,5
Formação do canavial	24,3	615,0
Cana 2G	15,6	12,9
Milho	18,5	120,1
Transporte	3,0	n/e
Biodiesel	14,7	83,7
Biogás/Biometano	2,4	0,482
SAF / Diesel Verde	17,5	75,20
Coprocessamento de óleo vegetal	3,0	n/e
Bio-CCS	0,4	n/e
TOTAL	104,8	996,0

Fonte: EPE (Elaboração própria)

Referências bibliográficas

ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Matéria-prima para Biodiesel**. Brasília, 2024a. Disponível em: [Matéria-Prima para Biodiesel | BiodieselBR.com](#). Acesso em: 26 de outubro de 2024.

_____. **Estatísticas**. Brasília, 2024b. Disponível em: [Estatísticas - Abiove](#). Acesso em: 26 de outubro de 2024.

_____. **Pesquisa de Capacidade Instalada da Indústria de Óleos Vegetais**. Brasília, 2024c. Disponível em: [Capacidade de processamento de oleaginosas supera 72 milhões de tons em 2024 - Abiove](#). Acesso em: 26 de outubro de 2024.

ACELEN. **ACELEN Renováveis**, São Paulo, 2024. Disponível em: [Acelen Renováveis | Acelen - Energia para acelerar](#). Acesso em: 30 de outubro de 2024

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Autorização para produção de biocombustíveis**, 2024a. Disponível em: [Autorização para produção de biocombustíveis — Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis](#). Acesso em: 21 de outubro de 2024.

_____. **Preços dos produtores e importadores de derivados de petróleo e biodiesel**, 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/precos-de-produtores-e-importadores-de-derivados-de-petroleo>. Acesso em: 11 de outubro de 2024.

BCB – Banco Central do Brasil. **Estatísticas – Séries Temporais**, 2024. Disponível em: [SGS - Sistema Gerenciador de Séries Temporais](#). Acesso em: 19 de novembro de 2024.

BIODIESELBR. **Levantamentos dos investimentos plantas de biodiesel** (diversas reportagens), 2024. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/>. Acesso em: 23 de outubro de 2024.

BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social. **Comunicação pessoal**, 2020a.

_____. **Estatísticas – Desempenho: Desembolsos anos a ano**, 2020b. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/transparencia/estatisticas-desempenho/desembolsos>. Acesso em: 29 nov. 2023.

_____. **Comunicação pessoal**, 2024.

BRASIL, 2024. **Lei Combustível do Futuro**. Disponível em: [Portal da Câmara dos Deputados \(camara.leg.br\)](#). Acesso em: 10 de outubro de 2024.

BRASIL BIOFUELS.BBF **Biocombustíveis**. , São Paulo, 2024. Disponível em: [Biocombustíveis | Grupo BBF](#). Acesso em: 30 de outubro de 2024

Capaz, R *et al.* **Mitigating carbon emissions through sustainable aviation fuels: costs and potential**. Holanda, 2020. Disponível em: [Mitigating carbon emissions through sustainable aviation fuels: costs and potential - Capaz - 2021 - Biofuels, Bioproducts and Biorefining - Wiley Online Library](#). Acesso em: 21 de novembro de 2024.

CNN. **Petrobras investirá R\$3 bilhões para produzir diesel renovável, afirma diretor**. São Paulo, 2023. Disponível em: [Petrobras investirá R\\$ 3 bilhões para produzir diesel renovável, afirma diretor | CNN Brasil](#). Acesso em: 27 de novembro de 2024.

CNPE – Conselho Nacional de Política Energética. **Resolução CNPE nº 14 de 9 de dezembro de 2020**. Estabelece as diretrizes para a comercialização de biodiesel em todo território nacional, e dá outras providências. Brasília, Diário Oficial da União, CNPE, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/arquivos/conselhos-e-comites/res-14-cnpe.pdf>. Acesso em: 13 de novembro de 2024.

_____. **Resolução nº 03, de 20 de março de 2023**. Altera a Resolução CNPE nº 16, de 29 de outubro de 2018, que dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel; e dá outras providências. Brasília, Diário Oficial da União: CNPE, 2023a Disponível em: [ResCNPE32023.pdf](#). Acesso em: 23 de outubro de 2024.

_____. **Resolução nº 08, de 19 de dezembro de 2023.** Reduz o prazo para os aumentos dos teores de biodiesel, previstos pela Resolução CNPE nº16, de 29 de outubro de 2018, alterada pela Resolução CNPE nº3, de 20 de março de 2023, com base em estudos de oferta, demanda e impactos econômicos. Brasília, Diário Oficial da União: CNPE, 2023b. Disponível em: [ResoluoCNPE8Publicada.pdf](#). Acesso em: 23 de outubro de 2024.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Cadernos de estudos do PDE 2034.** Caderno de Oferta de Biocombustíveis. Rio de Janeiro: EPE, 2024a. Disponível em: www.epe.gov.br.

_____. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis:** ano 2023. Rio de Janeiro: EPE, 2023b. Disponível em: www.epe.gov.br.

_____. **Plano Indicativo de Oleodutos (PIO).** Rio de Janeiro: EPE, 2024c. Disponível em: www.epe.gov.br.

_____. **Cenários de oferta de etanol e demanda ciclo Otto 2025 – 2034.** Rio de Janeiro: EPE, 2024d. Disponível em: www.epe.gov.br.

_____. **Combustíveis Sustentáveis de Aviação no Brasil – Perspectivas Futuras.** Rio de Janeiro: EPE, 2024e. Disponível em: [Apresentação do PowerPoint](#).

FGV - Fundação Getúlio Vargas. **Índices de Preços,** 2024. FGV Data.

GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. **Análise Econômica de Diferentes Rotas de Produção de Combustíveis Sustentáveis de Aviação.** Brasília, 2022. Disponível em: [analise-economica-diferentes-rotas-de-producao-de-saf.pdf](#). Acesso em: 21 de novembro de 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo** (Tabela 1737), 2024. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 11 de outubro de 2024..

ICS – Instituto Clima e Sociedade. **Sinergias entre as metas de descarbonização.** Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: climaesociedade.org. Acesso em: 21 de novembro de 2024.

IEA Bioenergy. **Task 39 - Progress in Commercialization of Biojet/Sustainable Aviation Fuels (SAF): Technologies, potential and challenges.** Paris, 2021. Disponível em: [Microsoft Word - Task 39 Progress in the commercialisation of biojet fuels FINAL May 2021.docx](#). Acesso em: 21 de novembro de 2024.

INFOMONEY. **Conclusão de novo trecho e aumento da demanda por etanol impulsionam a Logum.** São Paulo, 2023. Disponível em: [Conclusão de novo trecho e aumento da demanda por etanol impulsionam a Logum](#). Acesso em: 23 de outubro de 2024.

LNBR - Laboratório Nacional de Biorrenováveis. **Comunicação Pessoal,** 2022.

LOGUM LOGÍSTICA S.A. LOGUM Logística. Rio de Janeiro, 2023.

MMA. Ministério do Meio Ambiente e Mudanças do Clima. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos.** Brasília, 2022. Disponível em: [Planares-B.pdf](#). Acesso em: 30 de outubro de 2024.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Portaria nº 65, de 06 de dezembro de 2022.** Aprova o enquadramento no Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI) do Projeto “Planta Biogás – Unidade Costa Pinto – Raízen”. SPG/MME. Diário Oficial da União, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/reidi/portarias/2022/12-dezembro-1/portaria-n-65-spg-mme-2022.pdf>. Acesso em: 18 de outubro de 2024.

NOVACANA. **Levantamentos dos investimentos em biocombustíveis** (diversas reportagens), 2024a. Disponível em: <https://www.novacana.com/>. Acesso em: 21 de outubro de 2024.

_____. **FS realizará segunda fase de investimentos para ter primeiro etanol carbono negativo.** Curitiba, 2024b. Disponível em: [FS realizará segunda fase de investimentos para ter primeiro etanol carbono negativo](#). Acesso em: 12 de novembro de 2024.

_____. **Combustível do Futuro** está pronto para votação na Comissão de Infraestrutura. Curitiba, 2024c. Disponível em: [Combustível do Futuro está pronto para votação na Comissão de Infraestrutura](#). Acesso em: 13 de novembro de 2024.

PECEGE – Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas/ESALQ/USP. **Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar, etanol e bioeletricidade**. Fechamento da safra 2023/24. Piracicaba, 2024. Disponível em: <http://pecege.dyndns.org/>. Acesso em: 11 de novembro de 2024.

PETROBRAS. **Deep Dive Petrobras 2024**. Rio de Janeiro, 2024a. Disponível em: api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/25fdf098-34f5-4608-b7fa-17d60b2de47d/50260c46-95a5-4c64-599d-b7a64ed47752?origin=1. Acesso em: 30 de outubro de 2024.

PETROBRAS. **Plano Estratégico 2050 Plano de Negócios Petrobras 2025-2029**. Rio de Janeiro, 2024b. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/25fdf098-34f5-4608-b7fa-17d60b2de47d/4c9eccc5-c298-081d-799f-217fff1a1c82?origin=2>. Acesso em: 20 de novembro de 2024.

RAÍZEN. **Avisos, Fatos Relevantes e Comunicados**, 2024a. Disponível em: <https://ri.raizen.com.br/divulgacoes-e-documentos/avisos-comunicados-e-fatos-relevantes/>. Acesso em: 22 de outubro de 2024

_____. **Relatório Integrado Safra 23'24** 2024b. Disponível em: [item-1212-relatorio-anual-2223-pt.pdf](#). Acesso em: 22 de outubro de 2024.

Shahriar, M. & Khanal, A. **The current techno-economic, environmental, policy status and perspectives of sustainable aviation fuel (SAF)**. Texas, 2022. Disponível em: [The current techno-economic, environmental, policy status and perspectives of sustainable aviation fuel \(SAF\)](#). Acesso em: 21 de novembro de 2024.

UBRABIO – União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene. **Comunicação pessoal**, 2019.