

PDE 2036

Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2036

Biocombustíveis e Combustíveis Sintéticos

Outubro 2026



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



FICHA TÉCNICA

PDE 2036 | Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2036

Caderno de Biocombustíveis e Combustíveis Sintéticos



Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário Executivo

Gustavo Cerqueira Ataíde

Secretário Nacional de Energia Elétrica

João Daniel de Andrade Cascalho

Secretário Nacional de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Substituto

Anderson Barreto Arruda

Secretário Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

Renato Cabral Dias Dutra

Secretária Nacional de Transição Energética e Planejamento

Mariana de Assis Espécie

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

Diretor de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis Interino

Thiago Guilherme Ferreira Prado

Diretor de Gestão Corporativa

Carlos Eduardo Cabral Carvalho

www.epe.gov.br

Composição dos cargos em 26 de outubro de 2026

Rio de Janeiro, 2026

Foto da capa: gerado por Copilot em 06/07/2025.



FICHA TÉCNICA

PDE 2036 | Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2036

Caderno de Biocombustíveis e Combustíveis Sintéticos

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE

Coordenação Executiva

Angela Oliveira da Costa

Coordenação Técnica

Angela Oliveira da Costa

Rachel Martins Henriques

Rafael Barros Araujo

Autores

Superintendência de Derivados de Petróleo e Biocombustíveis

Amyr Crissaff Silva

Arthur Cortez Pires de Campos

Dan Abensur Gandelman

Danielle Borher de Andrade

Ederaldo Godoy Junior

Euler João Geraldo da Silva

Giovana Carpenter Casini (estagiária)

Guilherme Correa Naresse

Juliana Pereira Targueta

Leônidas Bially Olegario dos Santos

Letícia Gonçalves Lorentz

Luciano Basto Oliveira

Luis G. U. San Miguel (estagiário)

Mariana Côrte da Silva (estagiária)

Marina Damião Besteti Ribeiro

Paula Isabel da Costa Barbosa

Rafael Belém Lavrador

Apoio Administrativo

Raquel Lopes Couto

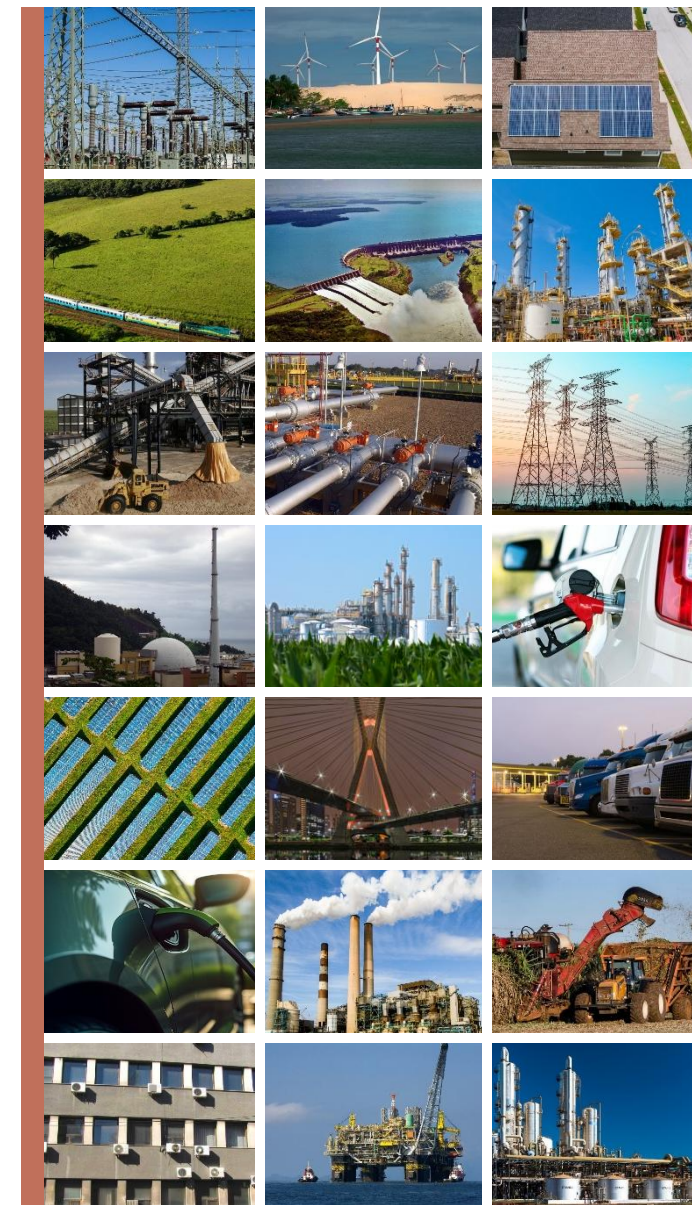


Valor Público

Os estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) orientam a formulação de políticas públicas, ajudam a guiar as decisões de diversas partes interessadas, como governos, empresas e a sociedade civil, e contribuem para a segurança energética do País.

Com este estudo, a EPE traz transparência e reduz a assimetria de informação por meio da apresentação de dados e fatos que podem auxiliar os debates acerca dos esforços de transição energética no Brasil.

Neste caderno, a EPE analisa os condicionantes de mercado, políticas públicas e acordos internacionais relacionados aos biocombustíveis, realizando projeções para a evolução da oferta de etanol, biodiesel, combustíveis sustentáveis de aviação, diesel verde e bioeletricidade da cana. O caderno também aponta as estimativas de demanda do biometano, as perspectivas de uso de biocombustíveis no transporte aquaviário, além de inovações tecnológicas como o armazenamento geológico de dióxido de carbono (BECCS), o hidrogênio de baixa emissão de carbono e os combustíveis sintéticos.



AVISOS

Esta publicação contém projeções acerca de eventos futuros que refletem a visão da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) no âmbito do Plano Decenal de Expansão de Energia 2036 (PDE 2036). Tais projeções envolvem uma ampla gama de riscos e incertezas conhecidos e desconhecidos e, portanto, os dados, as análises e quaisquer informações contidas neste documento não são garantia de realizações e acontecimentos futuros.

Este documento possui caráter informativo, sendo destinado a subsidiar o planejamento do setor energético nacional.

A EPE se exime de responsabilidade por quaisquer ações e tomadas de decisão que possam ser realizadas por qualquer pessoa física ou jurídica com base nas informações contidas neste documento.

Controle de versões

Versão	Data	Descrição
v1	28/10/2026	Publicação inicial.

SUMÁRIO



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



- Introdução
- Etanol
- Bioeletricidade da cana-de-açúcar
- Biogás e biometano
- Biodiesel
- Combustíveis sustentáveis de aviação
- Inovações e perspectivas emergentes
- Investimentos em biocombustíveis
- Considerações finais

Introdução

Contexto dos biocombustíveis na transição energética



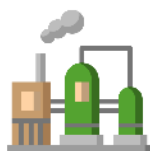
A migração para uma economia sustentável e de baixa emissão de carbono é fundamental para mitigar os efeitos das atividades humanas sobre o clima e proteger a qualidade de vida no planeta.



A substituição de fontes não renováveis por fontes renováveis, cuja produção seja economicamente viável e realizada em escala, assim como o aumento da eficiência energética, é um dos desafios da transição energética.



O uso de biocombustíveis, com destaque para o etanol e o biodiesel, é uma das principais alternativas para enfrentar esse desafio. Mais recentemente despontam o biogás/biometano, o diesel verde e os combustíveis sustentáveis de aviação, que serão apresentados ao longo deste caderno.



Para ampliar a produção desses novos produtos em escala mundial, é necessário que as biorrefinarias diversifiquem seu portfólio, incluindo bioenergia, materiais, químicos e alimentos e rações. Essa diversificação pode contribuir para a sustentabilidade econômica e ambiental desses empreendimentos e abrir novas oportunidades de investimento na transição energética.

**Transição
Energética**

Brasil é referência em políticas públicas relacionadas aos biocombustíveis



Adição obrigatória de etanol anidro na gasolina C
Diferenciação tributária entre os combustíveis
Veículos *flex fuel*



Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)
Adição obrigatória de biodiesel no óleo diesel B



Linhas de financiamento específicas para biocombustíveis
Integração entre programas e políticas públicas: PNH2¹, PLANTE², PATEN³, entre outros



RenovaBio

Promover a eficiência energética e a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) da produção de biocombustíveis
Expansão dos biocombustíveis na matriz energética
Previsibilidade para a participação competitiva dos biocombustíveis



Dispõe sobre a promoção da mobilidade sustentável de baixo carbono e o armazenamento geológico de CO₂
Institui o ProBioQAV⁴, o PNDV⁵ e o PNGB⁶



Busca impulsionar o desenvolvimento da indústria nacional e explicita suas prioridades por meio de missões estratégicas, como cadeias agroindustriais sustentáveis e digitais e bioeconomia, descarbonização, e transição e segurança energéticas



Mecanismo de mercado concebido para reduzir e compensar emissões de GEE da aviação internacional



Estabelece limites de emissão de poluentes e GEE na navegação internacional
Biocombustíveis são opção de descarbonização

Notas: (1) Programa Nacional do Hidrogênio; (2) Plano Nacional de Transição Energética; (3) Programa de Aceleração da Transição Energética; (4) Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação; (5) Programa Nacional de Diesel Verde; (6) Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano

Políticas públicas e legislação relacionadas aos biocombustíveis

Biocombustíveis

- **Adição obrigatória de etanol anidro na gasolina C**
Lei nº 8.723/1993 (alterada pela Lei nº 14.993/2024); Resolução CNPE nº 9/2025 (E30); Resolução CNPE nº 9/2026 (E32 temporário)
- **Diferenciação tributária entre os combustíveis**
Emenda Constitucional nº 123/2022
- **Veículos *flex fuel***
Tecnologia disponível no mercado brasileiro desde 2003, sem norma específica identificada para sua promoção no âmbito das políticas de biocombustíveis
- **PNPB e adição obrigatória de biodiesel no diesel B**
Lei nº 11.097/2005; metas de mistura estabelecidas pela Lei nº 14.993/2024; percentual obrigatório fixado pela Resolução CNPE nº 8/2025 (B15)
- **Selo Biocombustível Social**
Portaria Interministerial MME/MDA nº 3/2023; Portaria MDA nº 28/2024
- **RenovaBio – Política Nacional de Biocombustíveis**
Lei nº 13.576/2017
- **Combustível do Futuro (ProBioQAV, PNDV, PNGB, CCS e combustíveis sintéticos)**
Lei nº 14.993/2024; Decretos nº 12.614/2025, 13.094 e 13.095/2026; Resolução CNPE nº 4/2026; Resolução ANP nº 995 e 996/2026
- **Diversificação de matérias-primas e agricultura familiar**
Resolução CNPE nº 1/2025
- **Incentivo fiscal a projetos de biometano (REIDI)**
Lei nº 11.488/2007

Transição energética, indústria e acordos internacionais

- **CORSIA – aviação internacional (OACI)**
Resolução A39-3 da Assembleia da OACI (2016); fase obrigatória a partir de 2027
- **IMO – navegação internacional**
Convenção MARPOL, Anexo VI; Estratégia de GEE de 2023 (Resolução MEPC.377(80))
- **Política Nacional de Transição Energética (PLANTE)**
Resolução CNPE nº 5/2024
- **Programa de Aceleração da Transição Energética (PATEN)**
Lei nº 15.103/2025
- **Nova Indústria Brasil**
Resolução CNDI/MDIC nº 4/2024 (plano de ação)
- **Programa Gás para Empregar**
Decreto nº 12.153/2024
- **Marco legal do hidrogênio de baixa emissão (Rehido, PHBC)**
Leis nº 14.948/2024 e 14.990/2024; Decreto nº 13.096/2026
- **Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2)**
Resolução CNPE nº 6/2022
- **Programa Nacional de Combustível Sustentável de Navegação (PNCSN)**
Grupo de Trabalho da Resolução CNPE nº 10/2024; em regulamentação
- **Linhas de financiamento específicas**
Programas do BNDES (sem norma única)

PDE 2036

Etanol



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

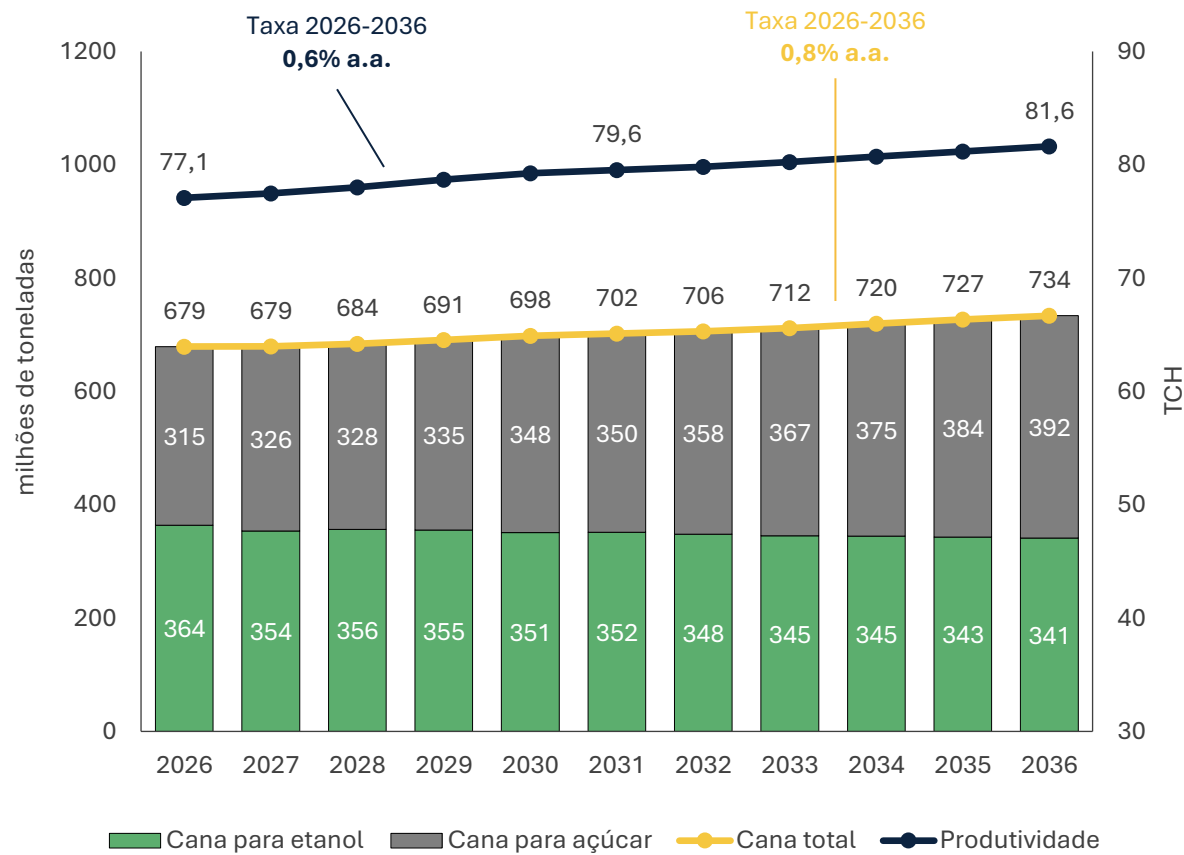
Evolução e destinação da cana-de-açúcar

Indicadores de cana-de-açúcar	2026	2036
Área (Mha)	8,8	9,0
Rendimento (kg ATR/tc)	138,0	140,1
Cana para etanol (%)	53,6%	46,5%

- Os investimentos previstos pelo setor concentram-se principalmente na melhoria dos canaviais e na ampliação das capacidades de produção de etanol e de cristalização de açúcar.
- A produtividade e o rendimento da cana-de-açúcar aumentam ao longo do horizonte decenal.
- O açúcar permanece como um ativo importante, diante de sua valorização no mercado internacional.
- A cogeração, a produção de biometano, de combustíveis sustentáveis de aviação (SAF) e de combustíveis renováveis para o transporte aquaviário são alternativas para ampliar o aproveitamento das potencialidades do setor.

Produtividade, cana processada e destinação para etanol e açúcar

Fonte: Elaboração EPE.



Notas: Mha - milhões de hectares; kg ATR/tc - quilograma de açúcar total recuperável por tonelada de cana; TCH - tonelada de cana por hectare.

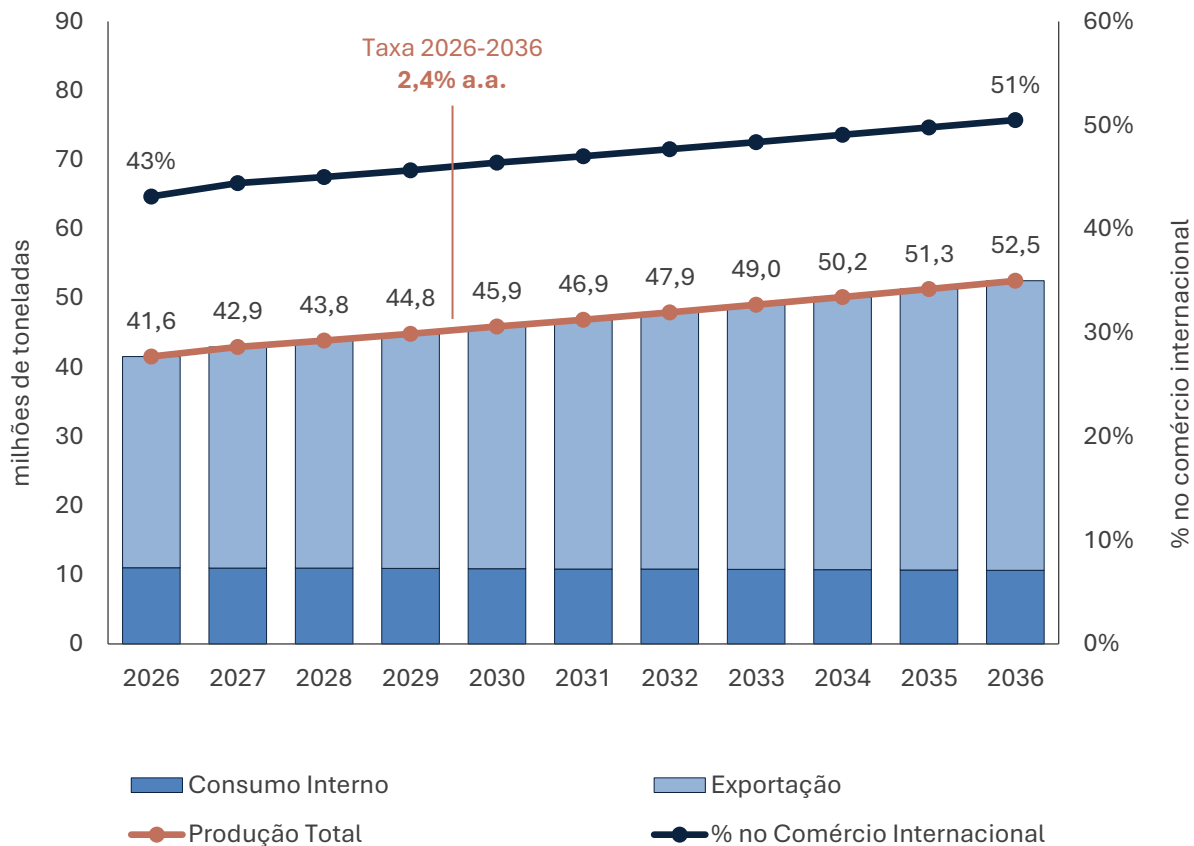
Produção de açúcar e destinação

- A projeção do consumo *per capita* de açúcar no Brasil (kg/hab./ano) considera a evolução da renda, o envelhecimento da população e as mudanças nos hábitos alimentares.
- **O Brasil mantém posição de destaque no mercado externo,** respondendo por aproximadamente 50% do comércio internacional de açúcar:
 - **Fatores impulsionadores:** crescimento da demanda nos países importadores, especialmente nos mercados em desenvolvimento da África e da Ásia.
 - **Potenciais fatores limitantes:** aumento da produção em importantes mercados produtores, como Índia, Tailândia e União Europeia.

Nota: O Brasil é o maior supridor do comércio internacional de açúcar, tendo papel fundamental em momentos de redução da oferta de outros produtores.

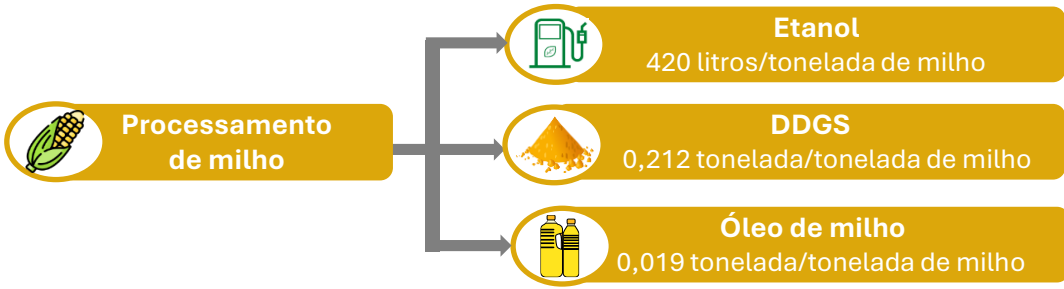
Destinação da produção nacional de açúcar

Fonte: Elaboração EPE.



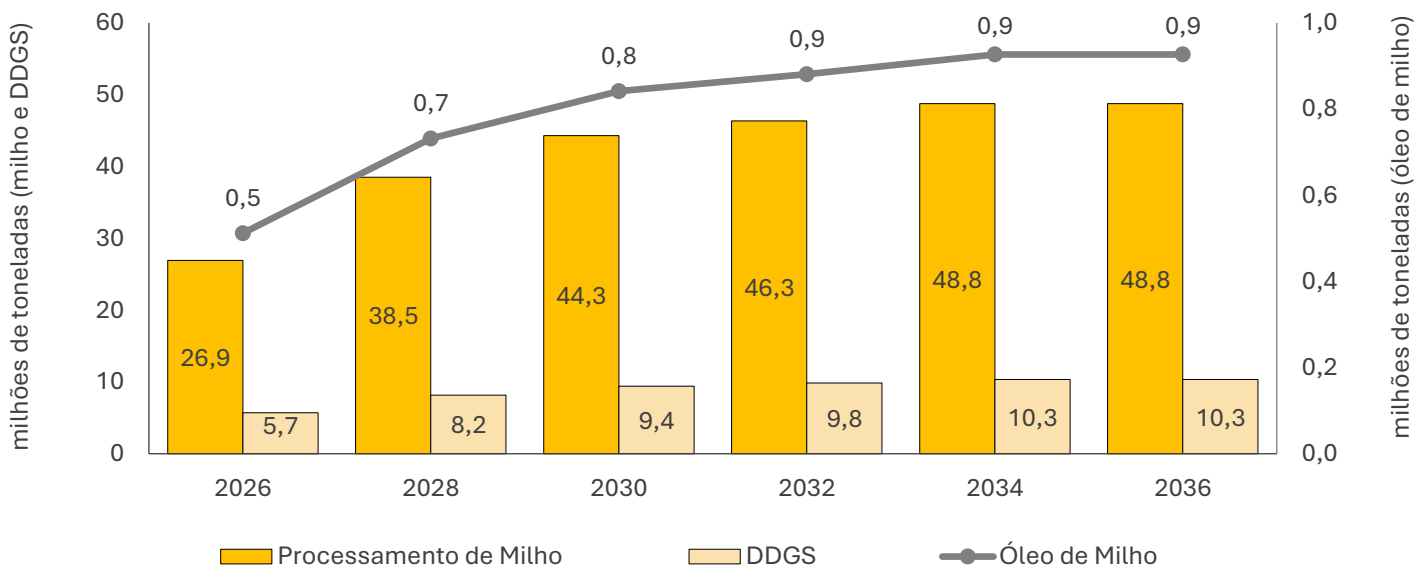
Etanol de milho e coprodutos

- **O etanol de milho vem ampliando a sua participação na matriz energética do Brasil.** Em 2025, correspondeu a 26% da produção desse biocombustível.
- **O etanol de milho tem papel importante no atendimento à demanda durante a entressafra da cana-de-açúcar** na região Centro-Sul, entre dezembro e março, período em que responde por cerca de 78% da produção total de etanol.
- **A segunda safra correspondeu a cerca de 80% da produção de milho na safra 2024/25,** com destaque para Mato Grosso.
- Na safra 2024/25, cerca de 15% da produção de milho foi destinada à fabricação de etanol.
- Entre os coprodutos do processamento do milho estão o óleo de milho e os grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS), utilizados em diferentes aplicações na alimentação humana e animal.



Processamento de milho e produção de DDGS e óleo de milho

Fonte: Elaboração EPE.

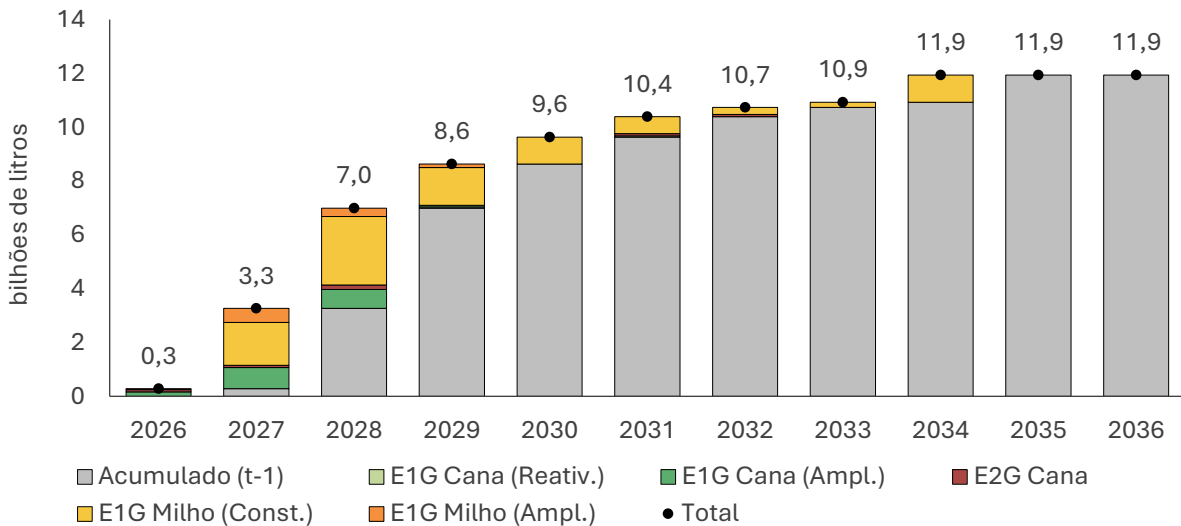


Notas: (1) Os fatores de conversão utilizados são médias e algumas unidades alcançam valores superiores aos indicados; (2) Considerou-se o processamento de milho em relação à capacidade instalada.

Oferta de etanol e capacidade produtiva por tipo de insumo

Capacidade de produção de etanol adicionada (bilhões de litros)

Fonte: Elaboração EPE.



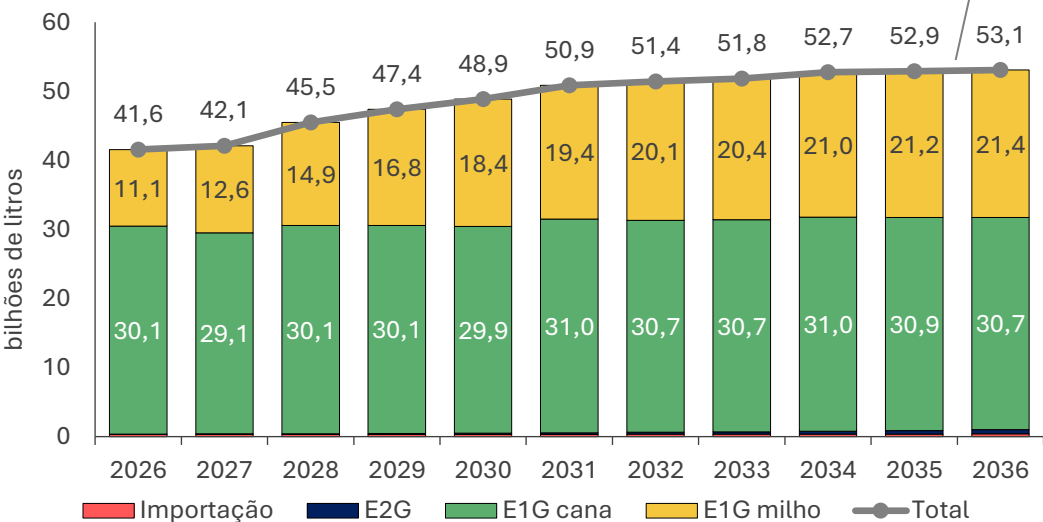
- **Cana¹**: considera a ampliação da produção de etanol (1,6 bilhão de litros) e a reativação de unidades (0,1 bilhão de litros), autorizadas pela ANP. Para o etanol de segunda geração (E2G), são considerados os projetos anunciados (0,4 bilhão de litros).
- **Milho²**: considera ampliações e novas unidades autorizadas pela ANP (6,2 bilhões de litros), além de projetos indicativos (3,4 bilhões de litros).

Notas: (1) Para a projeção decenal, considera-se o ano de 2026 como realizado; (2) A denominação milho contempla também sorgo, trigo, outros cereais e soja.

Projeção da oferta total de etanol (bilhões de litros)

Fonte: Elaboração EPE.

Taxa 2026-2036
2,5 % a.a.



- O etanol de cana-de-açúcar mantém sua participação relevante na oferta total (cerca de 60%).
- O etanol de milho representará 40% da oferta total em 2036;
- A produção de E2G alcançará 0,6 bilhão de litros no final do período.

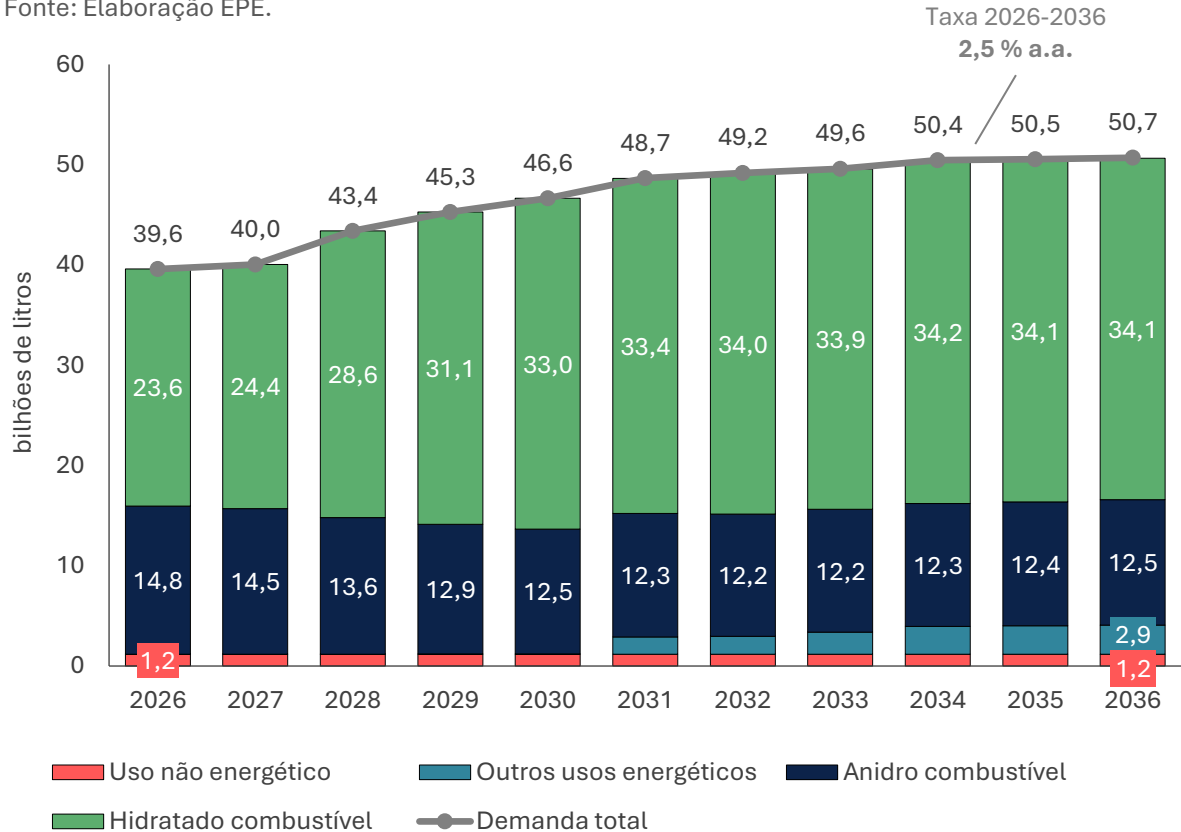
Demanda de etanol (energética e outros fins)

- Considera-se o percentual obrigatório de 30% de adição de etanol anidro combustível à gasolina C entre 2027 e 2036¹, conforme Resolução CNPE n° 9/2025.
- Maior competitividade do etanol hidratado frente à gasolina C:
 - Sinais positivos provenientes do RenovaBio.
 - Melhorias dos fatores de produção, realizadas pelo setor.
- A participação do etanol hidratado no consumo dos veículos *flex fuel* alcança **53,9% em 2036**².
- A participação do etanol combustível (anidro e hidratado) no consumo de energia do ciclo Otto alcança **55% em 2036**³, ante 48% em 2025.
- Em 2036, a demanda de etanol destinada à produção nacional de **SAF** e aos **usos no transporte aquaviário e na aviação agropecuária** deverá alcançar cerca de **3,0 bilhões de litros**.
- Outros usos para o etanol (bebidas, cosméticos, produtos farmacêuticos, compostos oxigenados e álcoolquímicas) somam **1,2 bilhão de litros em 2036**.

Notas: (1) O teor de etanol anidro na gasolina premium foi mantido em 25%. O teor temporário de 32% não foi considerado na análise dado o período limitado de sua adoção, conforme Resolução CNPE n° 9/2026; (2) Participação do etanol hidratado calculado em volume, exclui motos; (3) Participação do etanol no ciclo Otto em energia, inclui motos.

Projeção da demanda total de etanol (bilhões de litros)

Fonte: Elaboração EPE.



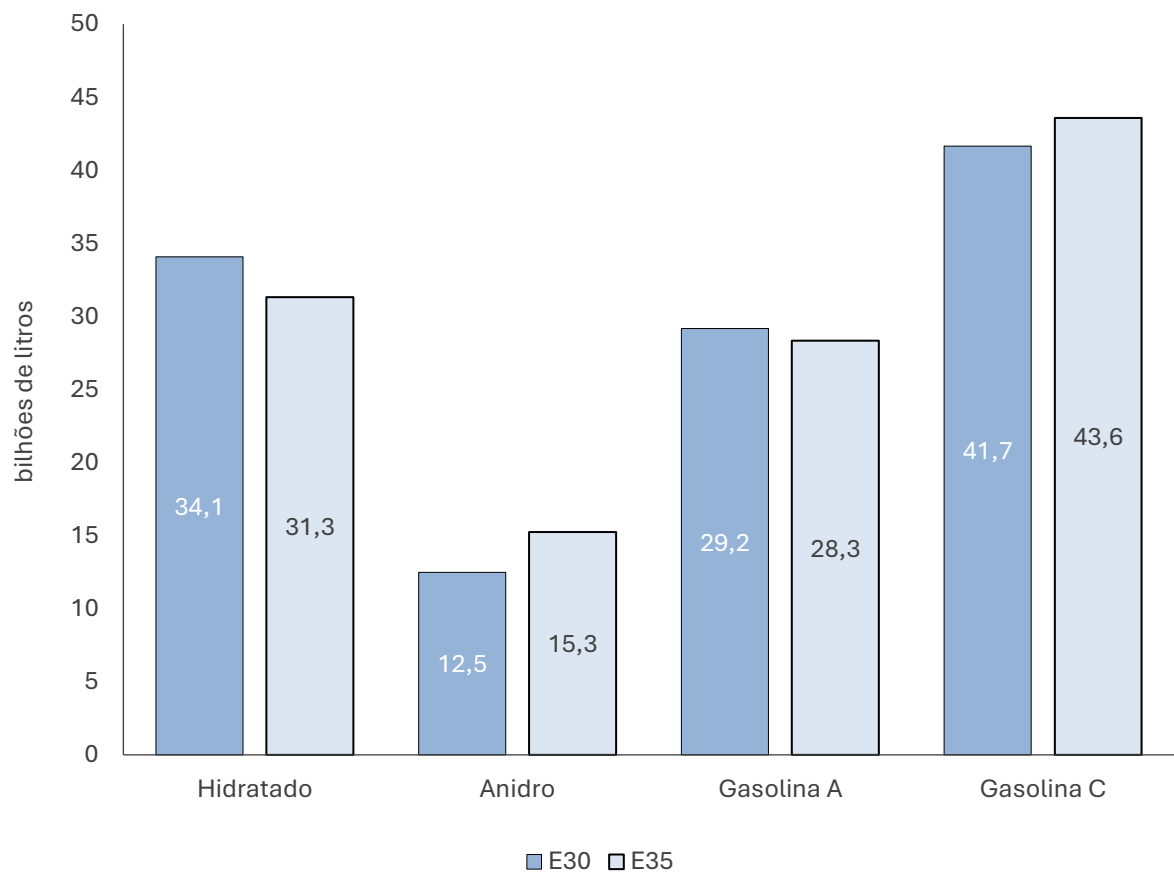
Nota: As categorias “Hidratado combustível” e “Anidro combustível” referem-se ao consumo no transporte rodoviário. As categorias “Outros usos energéticos” e “Uso não energético” incluem parcelas de etanol anidro e hidratado.

Análise de sensibilidade para o teor de etanol na gasolina C

- A Lei nº 14.993/2024 (Lei do Combustível do Futuro) estabelece que o percentual de adição de etanol anidro à gasolina C pode variar de 22% a 35%.
- Foi realizada uma análise de sensibilidade para a verificação do impacto da alteração do teor de etanol anidro na gasolina C:
 - **E30:** percentual obrigatório em 30% a partir de agosto de 2025, conforme Resolução CNPE nº 9/2025¹.
 - **E35:** considera percentual obrigatório de 35% de etanol anidro na gasolina C em 2036.
- No cenário E35, a maior participação do etanol anidro na gasolina C reduz a disponibilidade de etanol hidratado para outros usos e a demanda de gasolina A. Como resultado, a demanda total de gasolina C aumenta, enquanto a demanda de gasolina A diminui.
- A produção de açúcar não se altera nas trajetórias consideradas.

Demanda de combustíveis do ciclo Otto em 2036 (bilhões de litros)

Fonte: Elaboração EPE.



Notas: (1) O teor de etanol anidro na gasolina premium foi mantido em 25%. O teor temporário de 32% não foi considerado na análise dado o período limitado de sua adoção, conforme Resolução CNPE nº 9/2026.

Exportações de etanol

Tendências internacionais:

- Políticas de incentivo à eficiência energética e à adoção de fontes energéticas alternativas.
- Os volumes comercializados internacionalmente são modestos em comparação aos dos combustíveis fósseis.
- Importância dos biocombustíveis para a segurança do abastecimento, a diversificação da matriz energética e a redução das emissões de GEE.
- Uso do etanol para produção de SAF em outros países.

Principais mercados e políticas:

- **Estados Unidos:** Renewable Fuel Standard, com volumes definidos pela Environmental Protection Agency (EPA).
- **União Europeia:** Renewable Energy Directive.
- **Ásia:** políticas de uso obrigatório na China e no Japão; na Coreia do Sul, usos associados aos setores industrial e alimentício.

Exportações líquidas brasileiras:

- 2025: 1,7 bilhão de litros.
- 2036: 2,4 bilhões de litros.



Imagem: Freepik / rawpixel.

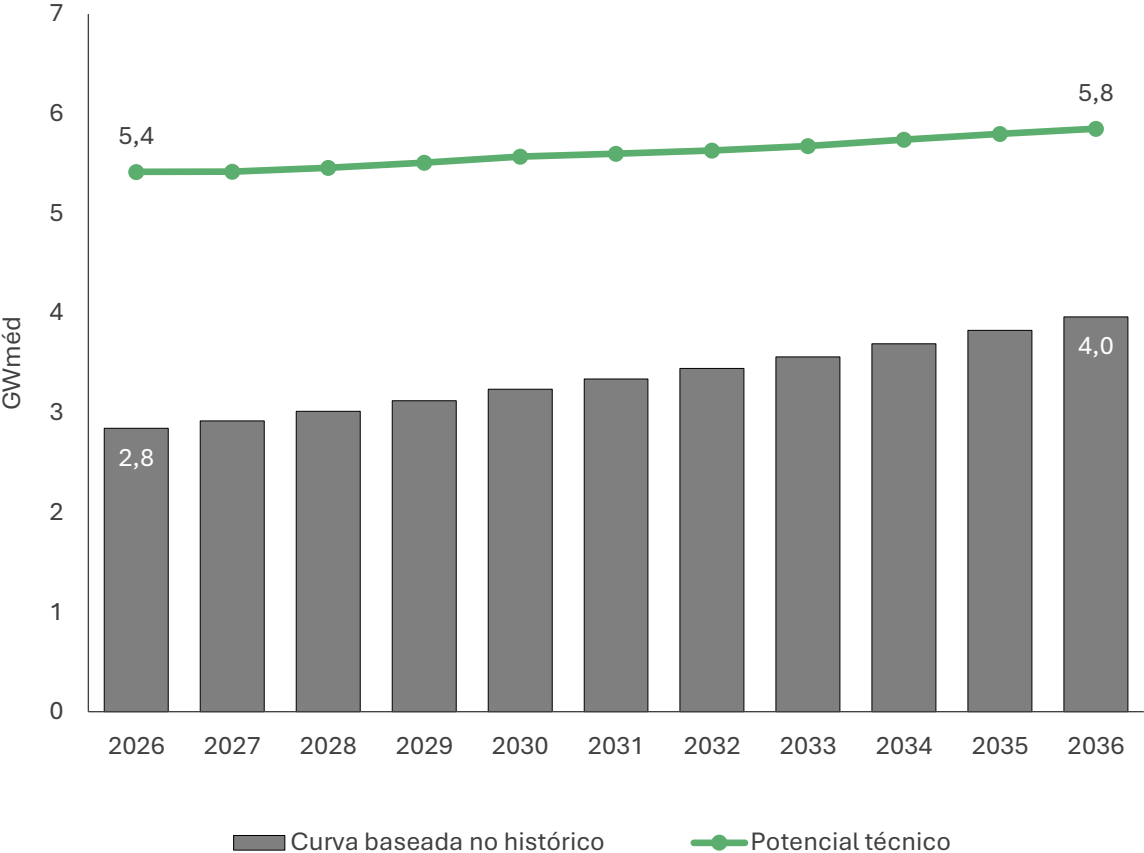
Bioeletricidade da cana-de-açúcar

Bioeletricidade da cana-de-açúcar

- A biomassa residual da cana-de-açúcar é utilizada para a geração de eletricidade destinada ao autoconsumo das unidades produtoras e à exportação de excedentes para o Sistema Interligado Nacional (SIN).
- O volume de eletricidade comercializado no Ambiente de Contratação Regulada (ACR) diminui ao longo do horizonte decenal.
- O Ambiente de Contratação Livre (ACL) e a liquidação de energia no mercado *spot*, valoradas pelo Preço de Liquidação das Diferenças (PLD), se configuram como mercados majoritários.
- O bagaço também pode ser utilizado na produção de etanol de segunda geração (E2G) e na cogeração de eletricidade em unidades produtoras de etanol de outras matérias-primas, como o milho.
- A biomassa da cana-de-açúcar representa cerca de 80% da bioeletricidade gerada a partir de biomassa. As demais fontes respondem pelos aproximadamente 20% restantes, com predominância do licor negro.

Potencial de exportação de eletricidade gerada por bagaço

Fonte: Elaboração EPE.



Biogás e biometano

Papel das políticas públicas para biogás e biometano

A maturidade tecnológica do biometano, associada às **políticas públicas** em vigor e ao **interesse dos consumidores**, cria condições favoráveis à sua expansão no horizonte decenal. No setor sucroenergético, espera-se que sua produção se expanda para um número crescente de usinas, por meio de diferentes modelos de negócio.

Redução do CAPEX: os projetos de produção de biometano podem pleitear o enquadramento no **REIDI**¹, que suspende a incidência de tributos federais² sobre bens e serviços destinados às obras abrangidas pelo regime:

- Diversos projetos foram aprovados, com redução estimada da ordem de 6% a 10% nos investimentos.

Receita adicional: o **RenovaBio** certifica projetos de biometano para a geração de créditos de descarbonização (CBIO):

- O biometano apresenta a maior NEEA³ média e todo o volume analisado é elegível à geração de CBIOs.
- A receita com a venda de CBIOs pode representar 15% do valor de comercialização do biometano.
- Pode-se gerar CBIO indiretamente ao se substituir fósseis por biometano na cadeia de produção de biocombustíveis certificados.

Mais avanços esperados:

- O Programa **Gás para Empregar** propõe que o desenvolvimento do gás natural esteja alinhado à transição energética, o que passa por contemplar sinergias com o biogás/biometano.
- A **Lei do Combustível do Futuro** institui o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano (**PNGB**) e estabelece que o CNPE definirá **metas anuais de redução das emissões de GEE** do setor de gás natural. A primeira meta anual passou a vigorar em 2026.
- O **Certificado de Garantia de Origem do Biometano (CJOB)** permite comprovar a origem renovável do biometano e rastrear os atributos ambientais associados ao produto, contribuindo para a comprovação do cumprimento das metas de redução de emissões, conforme as regras aplicáveis.

Notas: (1) REIDI: Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura; (2) PIS/Pasep e Cofins; (3) NEEA: Nota de eficiência energético ambiental, em gCO₂eq/MJ.

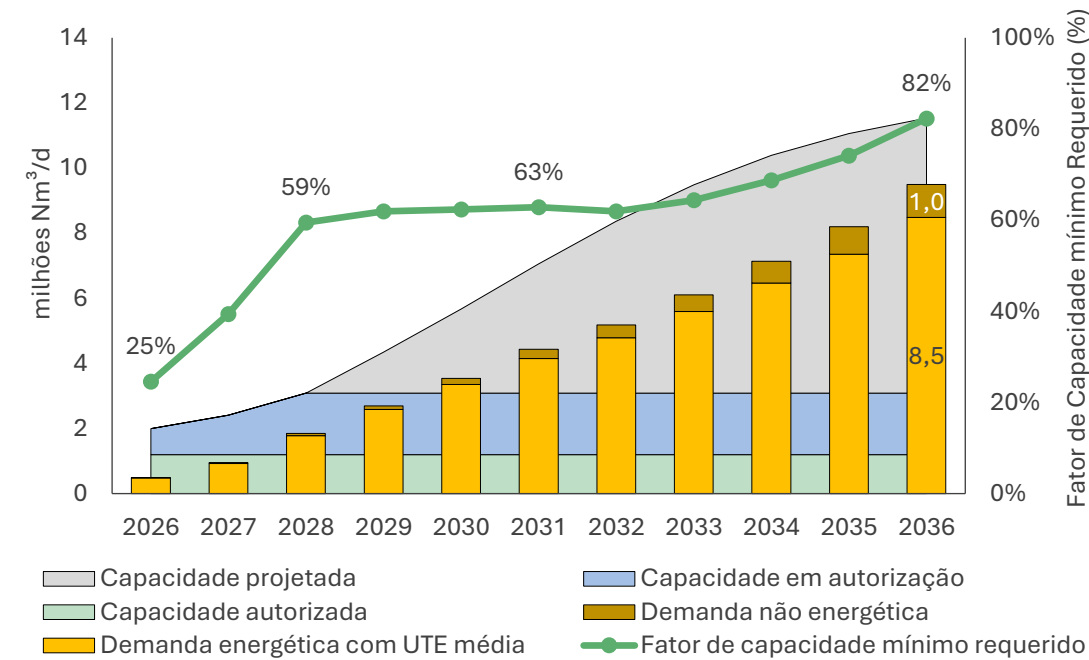
Biometano: estimativa de evolução das metas de descarbonização

- Para 2026, o CNPE estabeleceu meta de redução de emissões de 0,5%¹ para o mercado de gás natural, a ser cumprida por meio do biometano ou CGOB. A meta tem como referência a média da demanda de gás dos dez anos anteriores.
- Para o período de 2027 a 2036, considera-se uma trajetória de metas iniciada em 1% e acrescida de um ponto percentual ao ano, até alcançar 10% em 2036, limite previsto na Lei do Combustível do Futuro.
- Em julho de 2026, a capacidade instalada autorizada pela ANP era de 1,2 milhão de Nm³/d, com solicitações de ampliação e construção de novas unidades de mais 0,8 milhão de Nm³/d.
- A evolução do setor, somada aos avanços regulatórios, permite projetar com maior robustez a capacidade instalada incremental requerida para o alcance da meta de 10% em 2036, equivalente a 8,5 milhões de Nm³/d de biometano.

	2026	2036
Meta de descarbonização (%)	0,5% ¹	10%
Demanda (milhões de Nm ³ /d)	0,50	9,49
Capacidade nominal (milhões de Nm ³ /d)	1,99	11,53
Produção efetiva mínima	25% da capacidade instalada	82% da capacidade instalada

Balanco de demanda e oferta de biometano

Fonte: Elaboração EPE.



Notas: (1) A Resolução CNPE nº 4/2026 fixa a meta de redução de emissões de GEE no mercado de gás natural em 0,5% para o ano de 2026, inferior ao piso legal de 1% previsto na Lei nº 14.993/2024, por razões de interesse público; (2) No gráfico, os fatores de capacidade refletem os observados nas plantas em operação, considerando os dados disponíveis na ANP; (3) Para a projeção decenal, considera-se o ano de 2026 como realizado.

Os resultados indicam capacidade produtiva suficiente para atender à demanda mandatória estimada até 2029. Para o período até 2036, o atendimento depende da evolução projetada da capacidade e dos fatores de utilização considerados.

Impulsionadores de curto prazo: Efeitos do novo marco regulatório sobre a cadeia de valor do biometano



1. Marco Legal
Aprovação da Lei Combustível do Futuro.



2. Metas anuais
Estabelecimento de metas progressivas de descarbonização.



3. Cumprimento
Compra física de biometano ou aquisição de CGOB para cumprimento das metas.



4. Estímulos
Incentivos à ampliação da produção nacional.



5. Diversificação
Possibilidade de entrada de novos agentes e de diversificação das fontes de produção.

Impulsionadores para o biometano no curto prazo

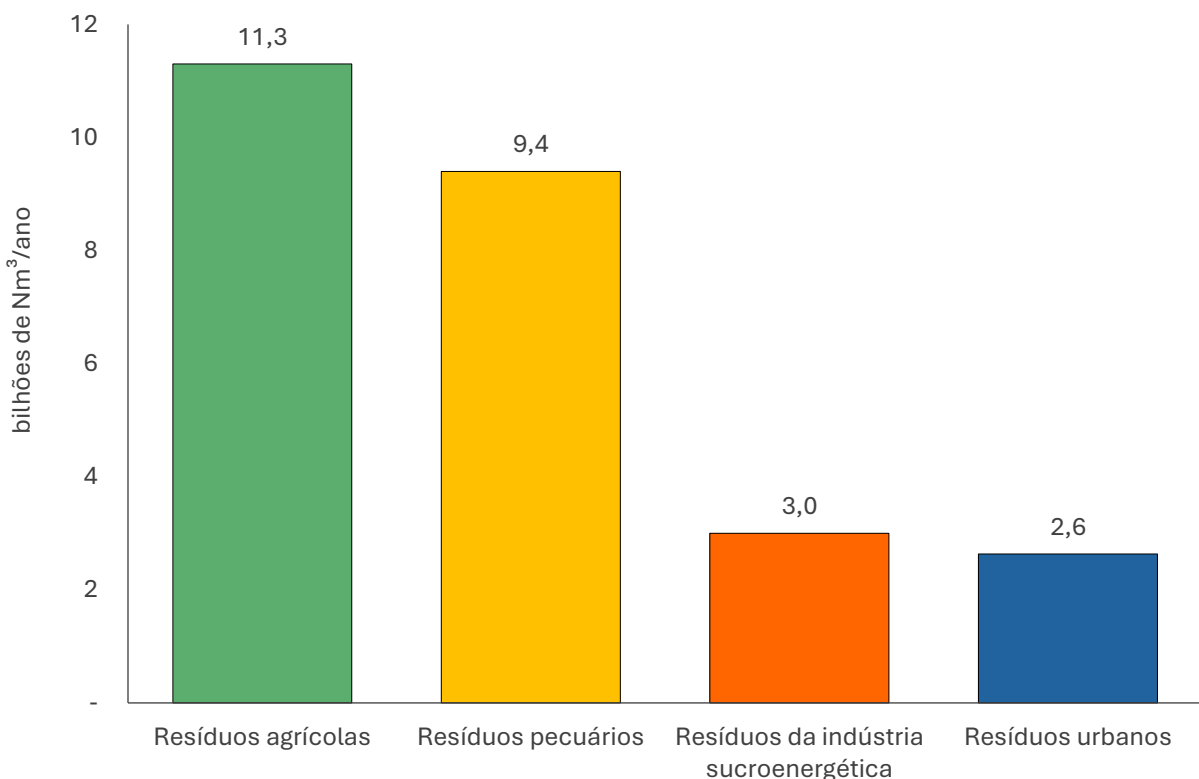
Segmento	Mercados potenciais 	Motivações do interesse 	Modelos de negócio 	Resultados potenciais 
Agropecuário e agroindustrial	Máquinas agrícolas e caminhões, com demandas energética hoje atendida pelo diesel .	Produção a partir de resíduos das próprias atividades (ex.: sucroenergético, produção animal).	Autoprodução e postos de abastecimento distantes de gasodutos; parcerias com detentores de tecnologia.	Menos importação e transporte de diesel , com ganhos ambientais e potencial redução de custos.
Indústria e setor logístico	Substituição do gás natural e de outros fósseis em usos energéticos ou como insumo para outros produtos.	Empresas em busca da redução de emissões respondendo à precificação de carbono, de metas ou da busca por competitividade.	Suprimento direto (GNC/GNL ou gasoduto dedicado) ou indireto (rede de gás e mercado livre).	Acordos de fornecimento garantem receitas, reduzem riscos e facilitam o financiamento.
Serviço local de gás canalizado e empresas de energia	Mercados cativos das concessionárias para serviços localizados; empresas no mercado livre e em novos mercados.	Diversificação do suprimento e oferta renovável aos clientes; antecipação a regulações e pioneirismo.	Chamadas públicas , parcerias e expansão regulada de gasodutos; domínio da cadeia de suprimento.	Perspectiva de longo prazo para o gás na transição energética, com infraestrutura alinhada à oferta de biometano. Melhoria da viabilidade dos projetos.

Potencial de produção de biometano oriundo de biomassas residuais

- Em uma análise conservadora, que considera restrições logísticas, técnicas e financeiras, estima-se um aproveitamento de 23% do potencial total de produção de biometano, correspondendo a cerca de 26 bilhões de Nm³ em 2036.
- Em termos de equivalência energética, esse volume corresponde a cerca de 35% da demanda nacional de óleo diesel A no final do horizonte decenal.
- Para essa análise, foram considerados o aproveitamento de:
 - 80% dos resíduos do setor sucroenergético (vinhaça e torta de filtro), dos resíduos da pecuária confinada (suinocultura, avicultura e bovinocultura de leite), dos resíduos gerados junto aos cochos na pecuária extensiva de corte e dos resíduos urbanos sólidos e líquidos¹.
 - 10% das palhas de arroz, milho, soja e trigo, bem como das cascas de arroz.

Potencial de produção de biometano de biomassas residuais em 2036

Fonte: Elaboração EPE, com base em [SI Energia](#).



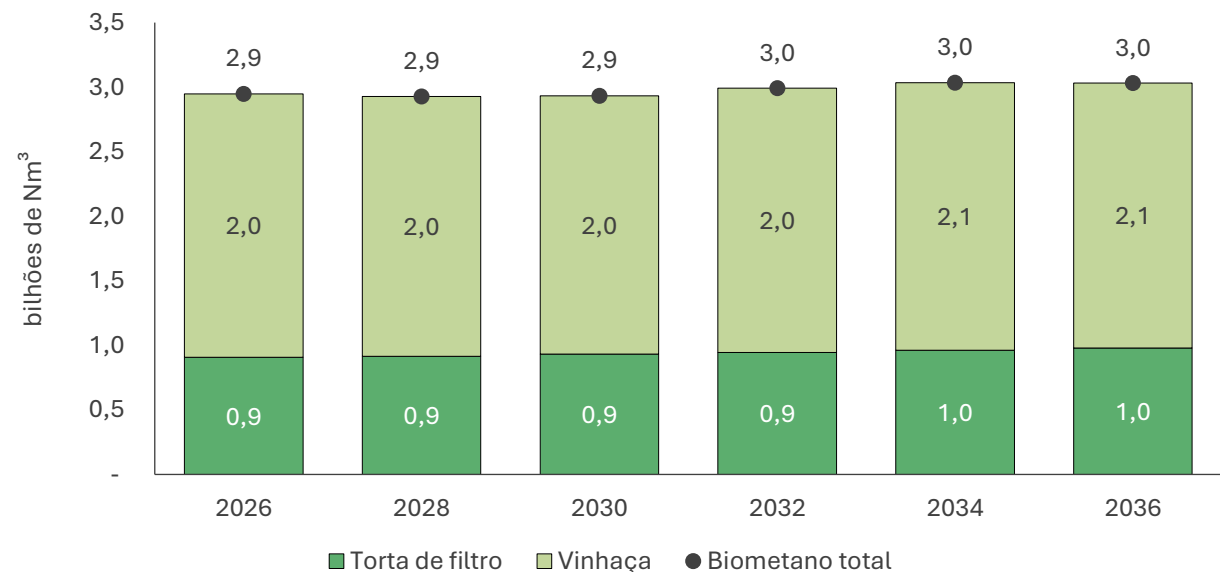
Notas: (1) Dados da ANP de outubro de 2026 indicam que 70% da capacidade autorizada de produção de biometano está associada ao aproveitamento de resíduos sólidos urbanos.

Potencial de produção de biogás e biometano do setor sucroenergético

- O etanol do setor sucroenergético representa uma parcela significativa da produção de biocombustíveis para atendimento da demanda energética nacional.
- Alguns resíduos desse processo podem ser utilizados como matéria-prima para a produção de biogás, com teor de metano de cerca de 60% em volume. Após o tratamento e a purificação, o biogás pode atingir a especificação de biometano.
- **Em 2036, o potencial de produção de biogás a partir da vinhaça e da torta de filtro é estimado em 6,2 bilhões de Nm³,** considerando 100% do potencial identificado. Esses resíduos estão disponíveis e concentrados nas usinas, diferentemente da palha, que permanece distribuída nas áreas de cultivo.
- Produtos energéticos do biometano em 2036:
 - 1,9 GW médio de eletricidade exportada; ou
 - **3,0 bilhões de Nm³ de biometano (80% do potencial),** o que é equivalente a cerca de 20% do consumo total energético de gás natural em 2025.

Potencial de produção de biometano com biomassa residual de cana-de-açúcar¹

Fonte: Elaboração EPE.



Nota: (1) 80% do potencial total.

As plantas de biometano com autorizações da ANP para operação, construção ou ampliação associadas a todos os tipos de insumo somam capacidade de 1,1 bilhão de Nm³/ano até 2028.

PDE 2036

Biodiesel

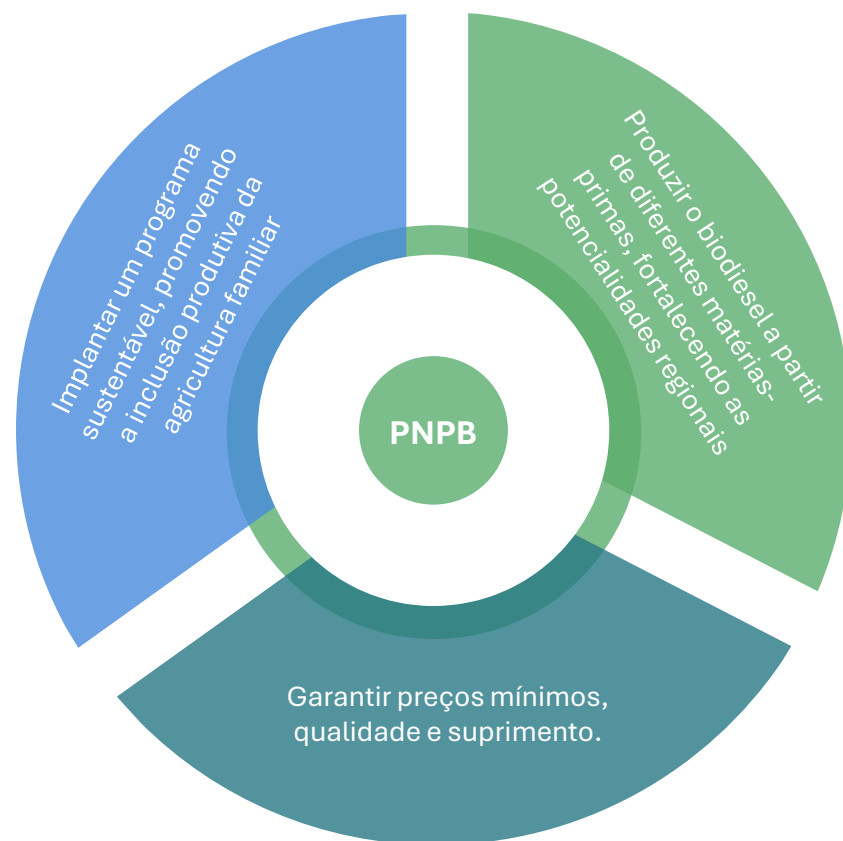


MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)

Instituído pela Lei nº 11.097/2005, o PNPB se baseou em três pilares: o social, o ambiental e o econômico.



Em 2025 o PNPB completou 20 anos, contribuindo para:

- O fortalecimento de uma **matriz energética mais sustentável**.
- O aumento da **segurança energética**.
- A **redução das importações** de diesel fóssil.
- O estímulo à agricultura familiar, com **geração de renda, inclusão social** das famílias produtoras e inserção na **economia formal**.

Uso obrigatório e voluntário

- Uso obrigatório de biodiesel na mistura com o diesel fóssil, no teor de 15%, a partir de 1º de agosto de 2025.
- A Lei do Combustível do Futuro estabelece limites de 13% a 25% para o percentual obrigatório de biodiesel no óleo diesel B.
- Possibilidade do uso voluntário em teor superior ao obrigatório (frotas cativas e usos ferroviário, agrícola, industrial e experimental).

Diversificação

- Programa busca **diversificar as matérias-primas e as rotas tecnológicas**, fortalecendo as potencialidades regionais.
- Programa desempenha papel relevante no fomento e no desenvolvimento da **agricultura familiar**, que contribui para a geração de empregos no meio rural e para o **abastecimento alimentar**.

Matérias-primas para produção do biodiesel

- Atualmente, destacam-se o óleo de soja, outros materiais graxos e sebo bovino.
- O óleo de soja deverá manter sua posição histórica de liderança até o final do período analisado.
- Outros materiais graxos passam a ocupar a segunda posição entre as matérias-primas, superando o sebo bovino. O óleo de fritura e o óleo de palma apresentam crescimento moderado ao longo do período analisado.
- A matéria-prima representa cerca de 80% do custo total de produção do biodiesel. Estima-se que seus preços acompanhem, em linhas gerais, a evolução dos preços das *commodities*.
- As matérias-primas podem “impulsionar o **fortalecimento** e o **desenvolvimento sustentável da agricultura familiar** e das suas organizações como contribuição para a diversificação produtiva, para a **redução das desigualdades**, para a **mitigação de impactos climáticos** e para a promoção da **segurança energética** e da **segurança alimentar**”, convergentes aos objetivos do Selo Biocombustível Social.

Resolução CNPE nº 1/2025 instituiu GT para estudar alternativas de **diversificação das matérias-primas e de inclusão de agricultores familiares** e pequenos produtores na produção de biocombustíveis. A iniciativa busca **promover o desenvolvimento regional**, com atenção especial às regiões Norte e Nordeste e ao Semiárido.



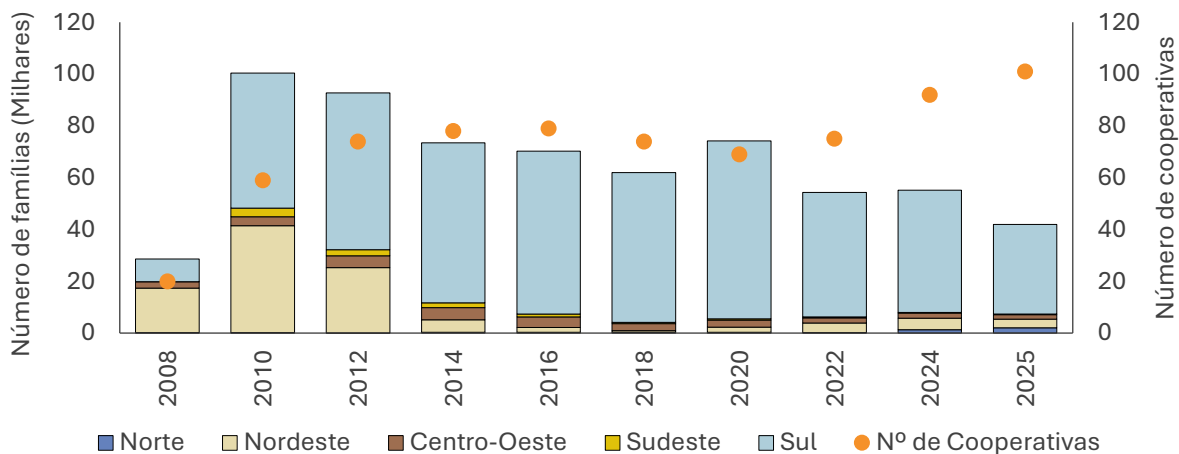
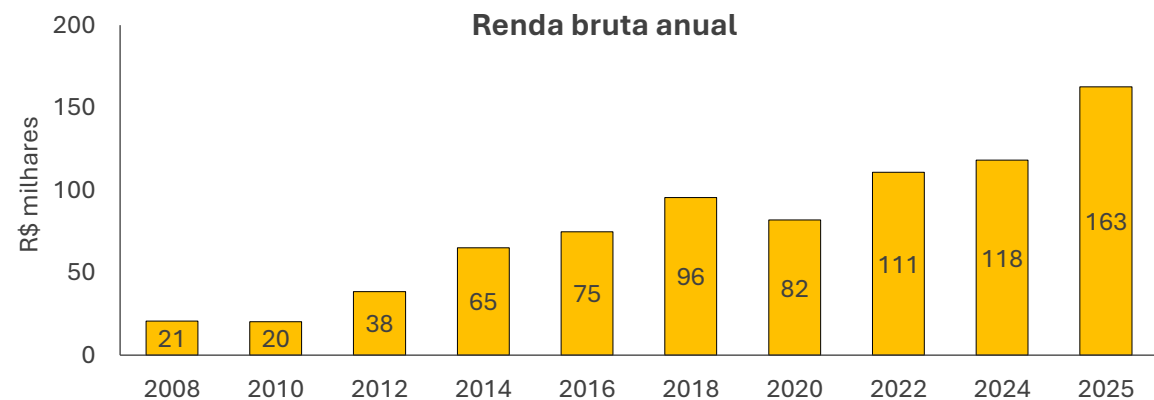
Selo Biocombustível Social e agricultura familiar

- No mínimo 80% do volume total de biodiesel comercializado deve ser proveniente de unidades produtoras detentoras do Selo Biocombustível Social (SBS).
- **Portaria Interministerial MME/MDA nº 03/2023** estabelece mecanismos de estímulo às aquisições da agricultura familiar no âmbito do PNPB, com foco nas regiões Norte e Nordeste e no Semiárido.
- **Portaria MDA nº 28/2024** estabelece critérios para concessão e manutenção do SBS, incluindo comprovação anual de aquisições mínimas da **agricultura familiar**. As regras também favorecem a **diversificação de matérias-primas** e a adoção de arranjos de **inclusão social**.
- O PNPB contribui para os **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU** relacionados à segurança alimentar, à melhoria das condições de vida, à geração de renda, à redução das desigualdades sociais e ao desenvolvimento de uma agricultura mais produtiva e sustentável. A produção de biodiesel também pode contribuir para a **mitigação das emissões de gases de efeito estufa**.

Selo Biocombustível Social (SBS)	2025
Número de cooperativas	101
Valor comercializado	R\$ 6,8 bilhões
Volume comercializado	2,8 milhões de toneladas
Número de famílias	41.887

Famílias e cooperativas contempladas pelo programa Selo Biocombustível Social

Fonte: EPE a partir de MDA.



Oferta e demanda de biodiesel

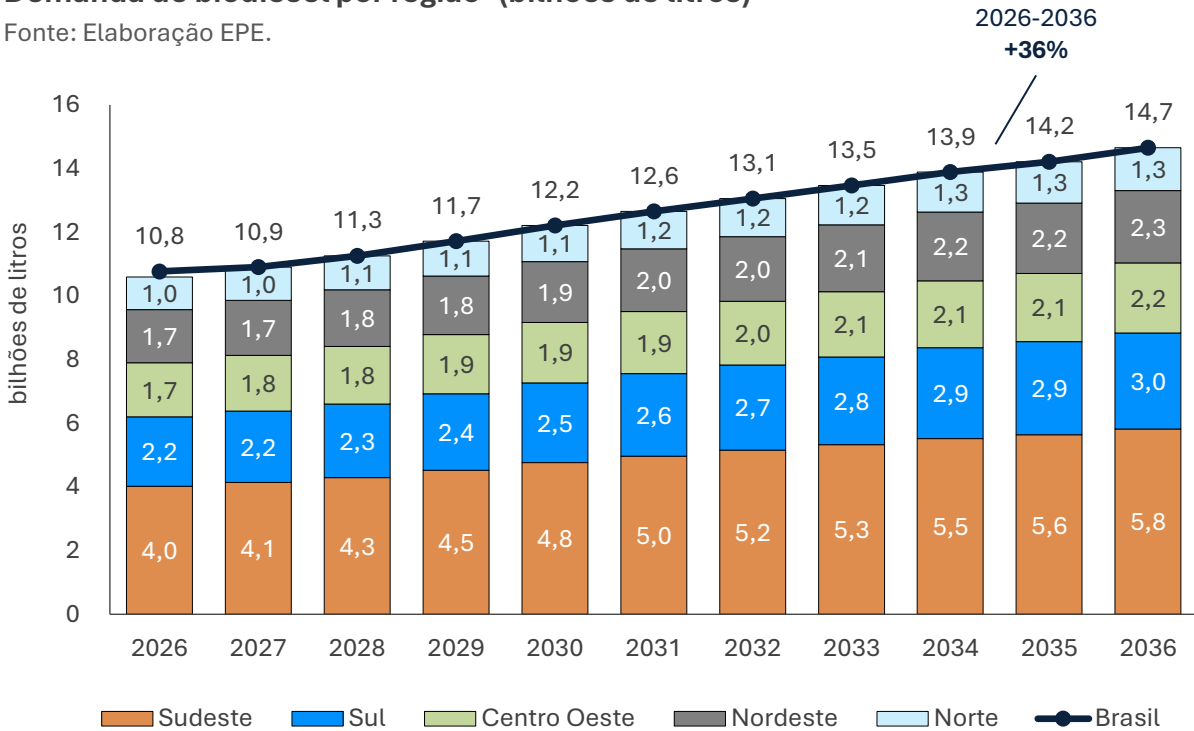
Biodiesel em 2036 (milhões de litros)					
Região	Capacidade efetiva	Consumo obrigatório	Balanço do consumo obrigatório	Consumo total	Balanço do consumo total
Norte	987	1.094	-107	1.343	-356
Nordeste	1.341	2.050	-709	2.275	-934
Centro-Oeste	7.087	2.194	4.893	2.195	4.892
Sul	8.060	2.673	5.387	3.017	5.043
Sudeste	1.424	4.639	-3.215	5.821	-4.397
Brasil	18.900	12.652	6.248	14.651	4.249

Notas: (1) A capacidade efetiva foi estimada considerando fator de utilização de 92% da capacidade nominal.

- Considera-se o teor obrigatório de 15% de biodiesel na mistura com o diesel fóssil ao longo do horizonte decenal.
- As regiões Sul e Centro-Oeste lideram a capacidade produtiva, embora a demanda por biodiesel esteja mais concentrada na Região Sudeste.
- A **Portaria Interministerial MME/MDA nº 3/2023** estimula o desenvolvimento de culturas adaptadas às regiões Norte e Nordeste e ao Semiárido, com potencial para ampliar a produção regional, promover o desenvolvimento econômico e reduzir desigualdades.

Demanda de biodiesel por região¹ (bilhões de litros)

Fonte: Elaboração EPE.



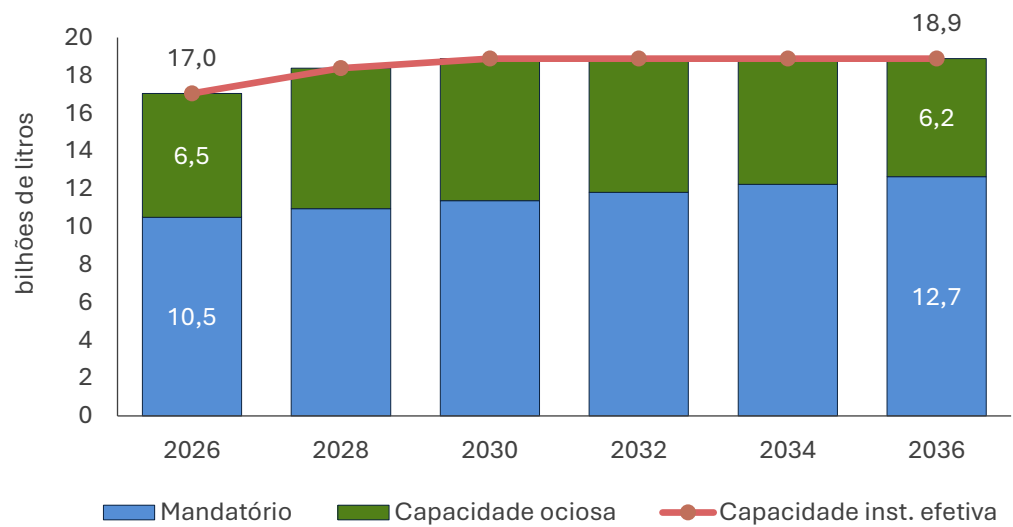
Nota: (1) Inclui biodiesel para o setor aquaviário (navegação nacional e internacional) e geração elétrica B100.

Os percentuais mandatórios de biodiesel acarretam uma demanda projetada de 12,7 bilhões de litros em 2036. Com a perspectiva de uso no transporte aquaviário e na geração elétrica B100, **a demanda do biodiesel totaliza 14,7 bilhões de litros em 2036.**

Capacidade de produção de biodiesel

Capacidade de produção de biodiesel (bilhões de litros)

Fonte: Elaboração EPE, com base em ANP.

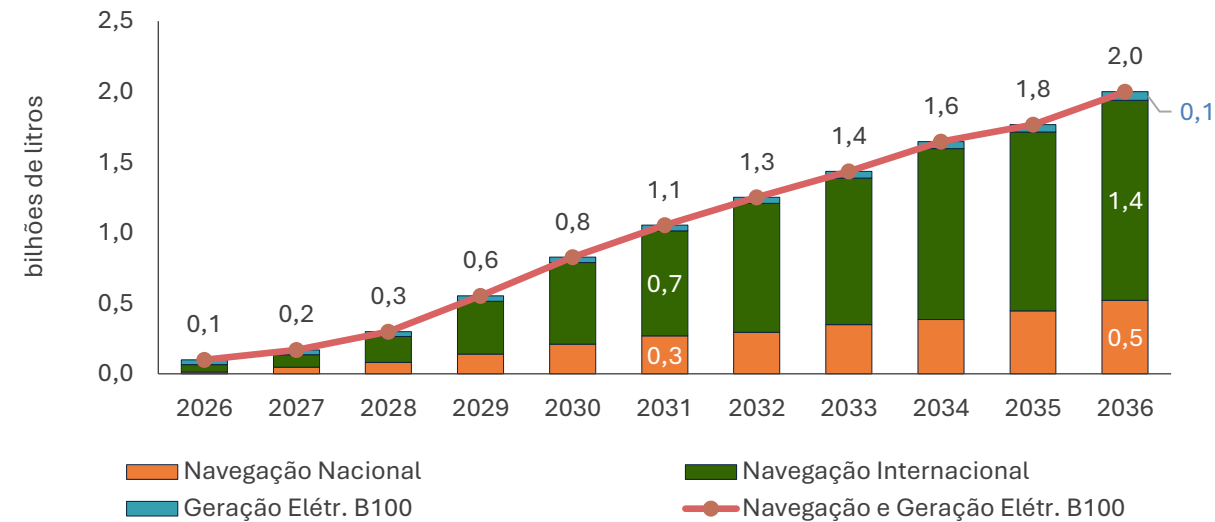


- A capacidade instalada efetiva atual, somada às ampliações e construções previstas e aprovadas pela ANP, durante todo o horizonte decenal, atende à mistura de 15% de biodiesel no óleo diesel, conforme estabelecido na legislação vigente.

Notas: (1) A demanda de biodiesel é referente ao mandatório vigente atualmente; (2) No Balanço Energético Nacional, para fins de contabilização energética, os volumes classificados como “exportação” correspondem às exportações físicas de produtos energéticos e ao abastecimento de navios em rotas internacionais (“*bunker internacional*”).

Demanda de biodiesel para transporte aquaviário e geração elétrica B100 (bilhões de litros)

Fonte: Elaboração EPE.



- Essa capacidade excedente ao longo do período decenal poderá ser utilizada para atender à redução de emissões de GEE de outros setores, tais como:
 - Navegação Nacional (Cabotagem, Navegação Interior e Apoio Marítimo);
 - Navegação Internacional (Longo Curso); e
 - Demanda prevista para a geração em termelétricas a biodiesel e estimular a transição de usinas a óleo para combustível renovável.

Análise de sensibilidade da mistura BX

Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)

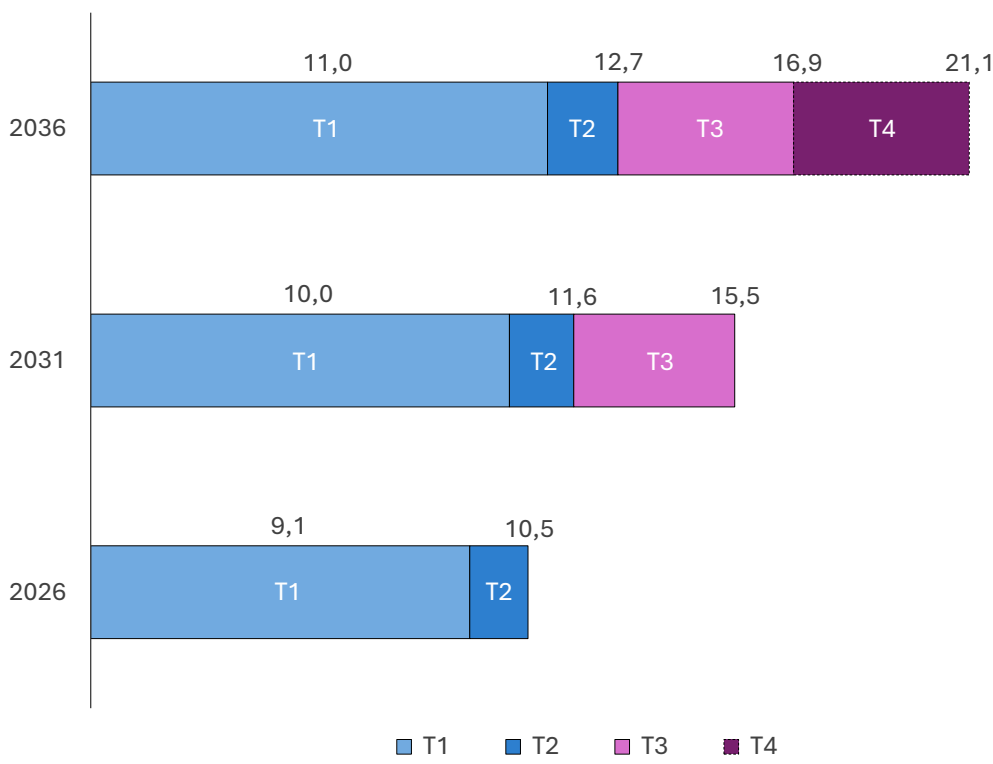
- Lei nº 14.993/2024: Possibilidade de alteração do percentual obrigatório de adição de biodiesel, em volume, ao óleo diesel comercializado em todo o território nacional entre os limites de **13% e 25%**, a qualquer tempo, por motivo justificado de interesse público, conforme determinação do CNPE.

Análise de Sensibilidade

- Foi realizada uma análise de sensibilidade para a demanda obrigatória de biodiesel no diesel B, tendo em vista a legislação atual, além de seu cronograma de evolução e limites propostos na Lei do Combustível do Futuro:
 - TRAJETÓRIA T1:** Percentual de mistura permanece em 13% em todo o período.
 - TRAJETÓRIA T2:** Percentual de mistura permanece em 15% em todo o período.
 - TRAJETÓRIA T3:** Percentual de mistura partindo de 15% e aumentando 1% ao ano até atingir 20% em 2031, permanecendo neste percentual até 2036.
 - TRAJETÓRIA T4:** Percentual de mistura partindo de 15% e aumentando 1% ao ano até atingir 25% em 2036.

Trajetórias para a demanda de biodiesel (bilhões de litros)

Fonte: Elaboração EPE.



Biocombustíveis do ciclo Diesel

- **Diesel Verde** é um combustível renovável formado por uma mistura de hidrocarbonetos com composição química análoga à do combustível fóssil (*drop in*), podendo ser produzido a partir de diferentes rotas. O diesel verde pode ser incorporado ao óleo diesel B, observadas as condições e os limites estabelecidos na regulamentação aplicável.
- Existem iniciativas para produção de SAF, com produção consorciada de Diesel Verde, utilizando matérias-primas conhecidas como o óleo de soja, óleo de palma e óleo de macaúba. Estima-se que volume deste biocombustível seja de **850 milhões de litros¹ em 2036**.
- A Lei nº 14.993/2024 estabeleceu a participação volumétrica mínima obrigatória de diesel verde em relação ao diesel comercializado ao consumidor final, não podendo exceder o limite de 3% (três por cento). É permitida adição voluntária de diesel verde superior a esse limite desde que o interessado comunique o seu uso à ANP.
- O **diesel coprocessado** é um combustível resultante do coprocessamento de percentual de óleo vegetal com o diesel mineral na etapa de hidrotratamento (hidrogenação catalítica) em refinaria, obtendo-se um combustível com parcela renovável e, portanto, menor pegada de carbono. A Petrobras, através do Programa BioRefino, produz diesel coprocessado em algumas de suas refinarias.

Notas: (1) Considera-se o mesmo fator de utilização adotado para o SAF; (2) Essa produção pode ser destinada ao mercado externo, hipótese considerada neste estudo.



Imagem: Freepik.

Combustíveis Sustentáveis de Aviação

Sustainable Aviation Fuel (SAF)

Contexto regulatório e iniciativas nacionais e internacionais de redução de emissões no setor aéreo



ICAO

CORSIA

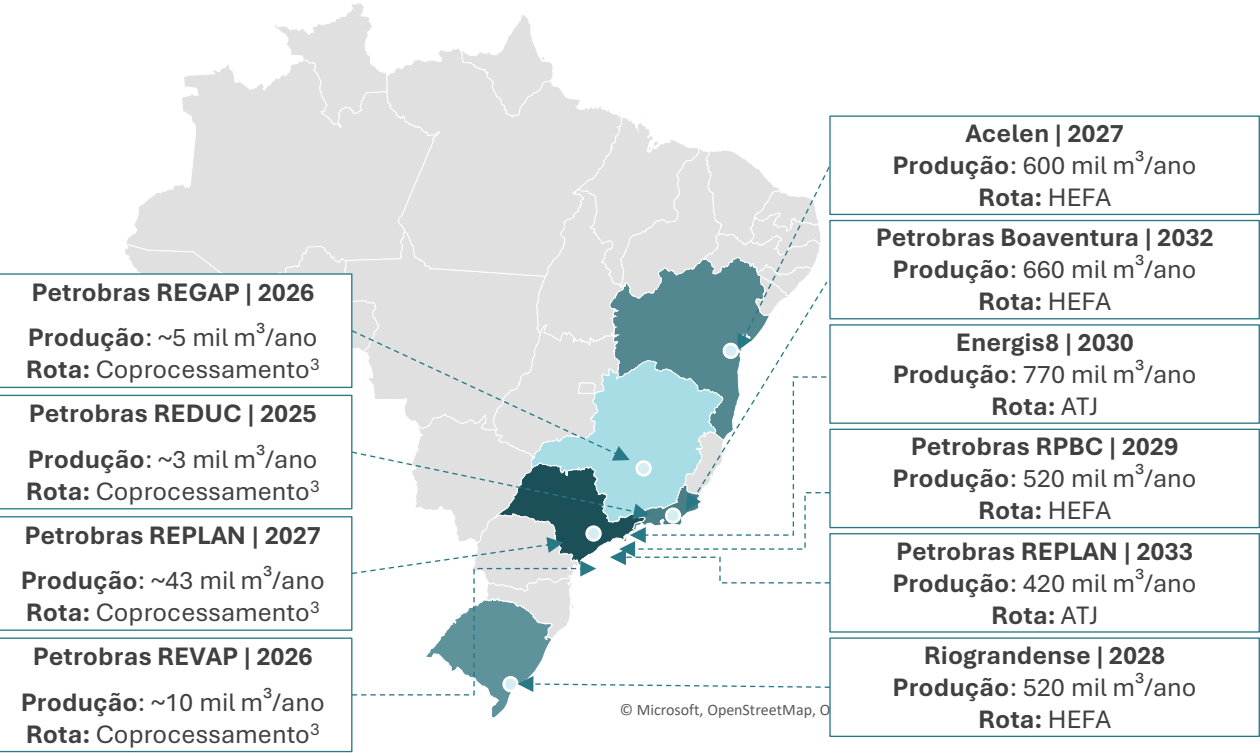


- Para reduzir as emissões do setor, a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) estabeleceu o objetivo de limitar o crescimento líquido das emissões de CO₂ da aviação internacional a partir de 2020 e a meta de zerar as emissões líquidas até 2050.
- O CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) é um mecanismo de mercado voltado à mitigação de emissões de CO₂ da aviação internacional.
- As emissões internacionais acima dos níveis observados na linha de base¹ deverão ser compensadas por meio de créditos de carbono ou do uso de combustíveis elegíveis ao programa.
- Estima-se que o uso de SAF possa responder por cerca de 65% da redução de emissões necessária para atingir a meta net zero 2050².
- A partir de 2027, inicia-se a fase obrigatória do CORSIA para os países e operadores abrangidos pelo mecanismo, incluindo o Brasil.
- A Lei do Combustível do Futuro³ instituiu o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV), que estabelece metas anuais de redução de emissões associadas ao transporte aéreo doméstico, a serem cumpridas pelos operadores.
- As metas anuais de redução de emissões aumentam progressivamente, de 1% em 2027 para 10% em 2037.
- O ProBioQAV utilizará a análise de ciclo de vida (ACV) do poço-à-queima para contabilizar as emissões associadas às diferentes rotas de produção de SAF. O programa também permitirá a comercialização por meio do mecanismo *Book & Claim*.
- Nos anos iniciais do ProBioQAV, meios alternativos de cumprimento das metas poderão ser admitidos até o limite de 15% em 2027, 15% em 2028, 10% em 2029 e 5% nos anos seguintes⁴.

Notas: (1) 100% das emissões de 2019 para o período entre 2021 e 2023, e 85% das emissões de 2019 para o período a partir de 2024; (2) [IATA, 2024](#); (3) [Lei nº 14.993/2024](#); (4) [Decreto nº 13.094/2026](#).

Projetos anunciados e demanda projetada de SAF no Brasil

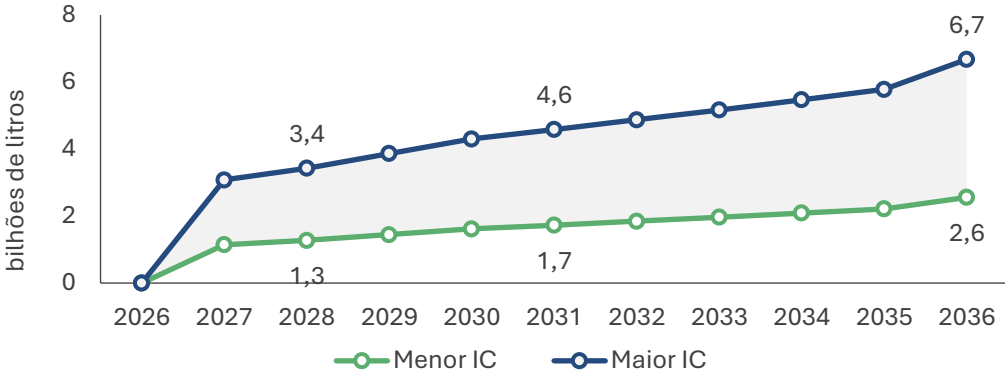
Projetos anunciados¹ em escala comercial totalizam a oferta de 1,7 bilhão de litros de SAF por ano a partir de 2030 e **alcançam 3,6 bilhões de litros em 2036²**.



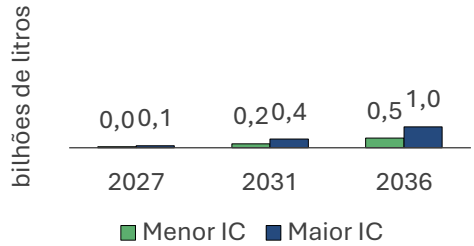
Notas: (1) Foram considerados os projetos anunciados pelas empresas até junho de 2026; (2) A capacidade nominal dos projetos foi ponderada com base em um fator de utilização e modo de operação que maximiza a produção de SAF; (3) Nos projetos que utilizam a rota de coprocessamento foi considerada apenas a parcela renovável do combustível.

Demanda de SAF (bilhões de litros)

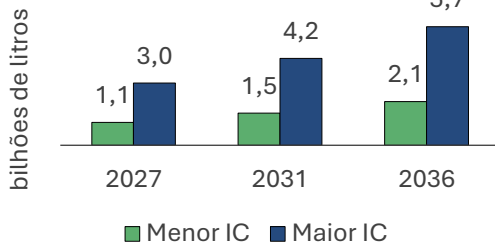
Fonte: Elaboração EPE.



Demanda ProBioQAV



Demanda CORSIA

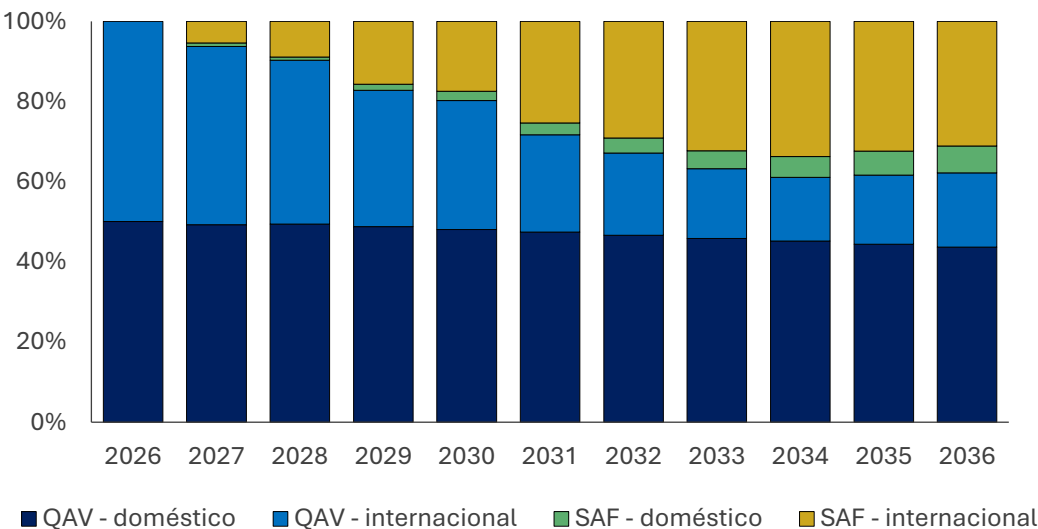


■ A demanda volumétrica de SAF irá variar de acordo com a intensidade de carbono (IC) do combustível produzido, dado que as metas são em termos de redução de emissões.

Atendimento à demanda e às metas de redução de emissões

Composição da demanda de combustíveis de aviação por mercado e tipo de combustível (%)

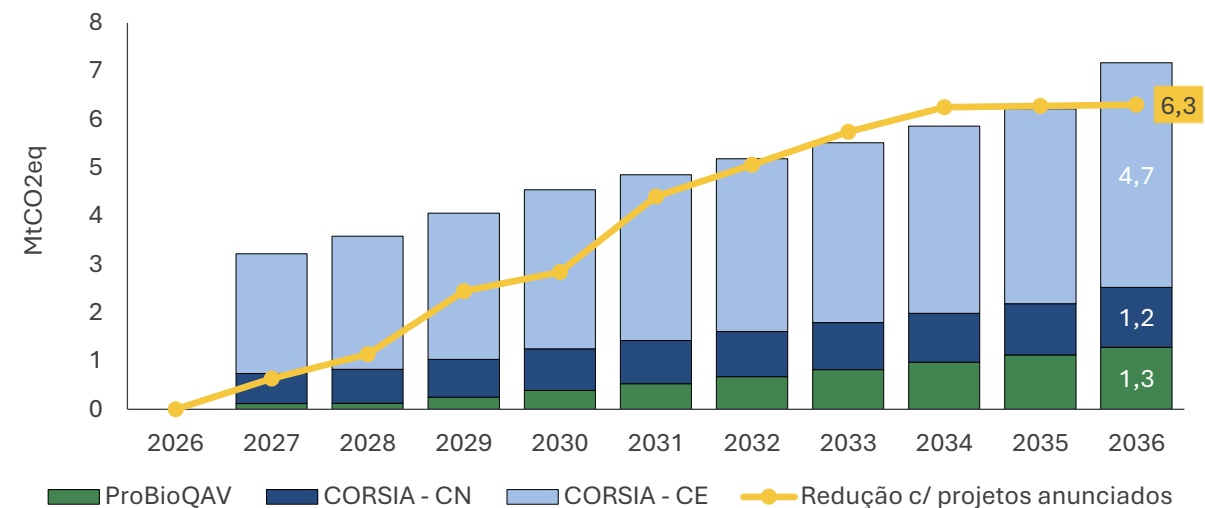
Fonte: Elaboração EPE.



- A oferta potencial estimada dos projetos anunciados corresponde a 38% da demanda total projetada de combustíveis de aviação em 2036.
- Para fins de simulação, considerou-se prioritária a alocação do SAF disponível para o cumprimento das metas do ProBioQAV. Eventuais volumes excedentes foram destinados ao atendimento do CORSIA.

Atendimento às metas de redução de emissões (milhões de toneladas de CO₂eq)

Fonte: Elaboração EPE.



Notas: CE – companhias estrangeiras; CN – companhias nacionais.

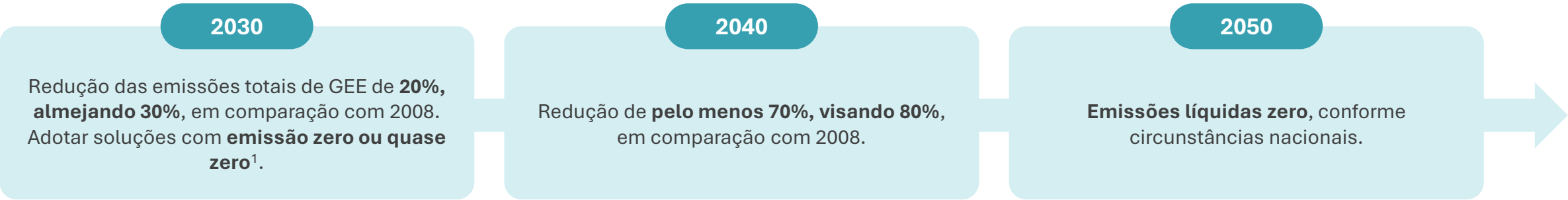
- Considerando as premissas adotadas no estudo, **os projetos anunciados permitiriam atender, em média, a 76% das metas** de redução de emissões do CORSIA e do ProBioQAV no período de 2027 a 2036.
- A partir de 2028, a redução de emissões potencialmente proporcionada pelos projetos anunciados poderia ser suficiente para atender **integralmente às metas do CORSIA e do ProBioQAV aplicáveis às companhias aéreas nacionais**, desde que os volumes de SAF sejam disponibilizados ao mercado interno.

Inovações e perspectivas emergentes

Combustíveis sustentáveis para uso aquaviário: metas e alternativas



A estratégia da **Organização Marítima Internacional (IMO)** estabelece metas progressivas de redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) do transporte marítimo internacional:



Notas: (1) Tecnologias, combustíveis e/ou fontes de energia correspondendo a pelo menos 5%, buscando 10%, da energia utilizada.



Em resposta à evolução do marco regulatório internacional e às metas de descarbonização do transporte marítimo, foi lançado, em abril de 2026, o **Programa Nacional de Combustível Sustentável de Navegação (PNCSN)**, com o objetivo de estimular a estruturação de uma cadeia produtiva nacional de combustíveis de baixa intensidade de carbono.

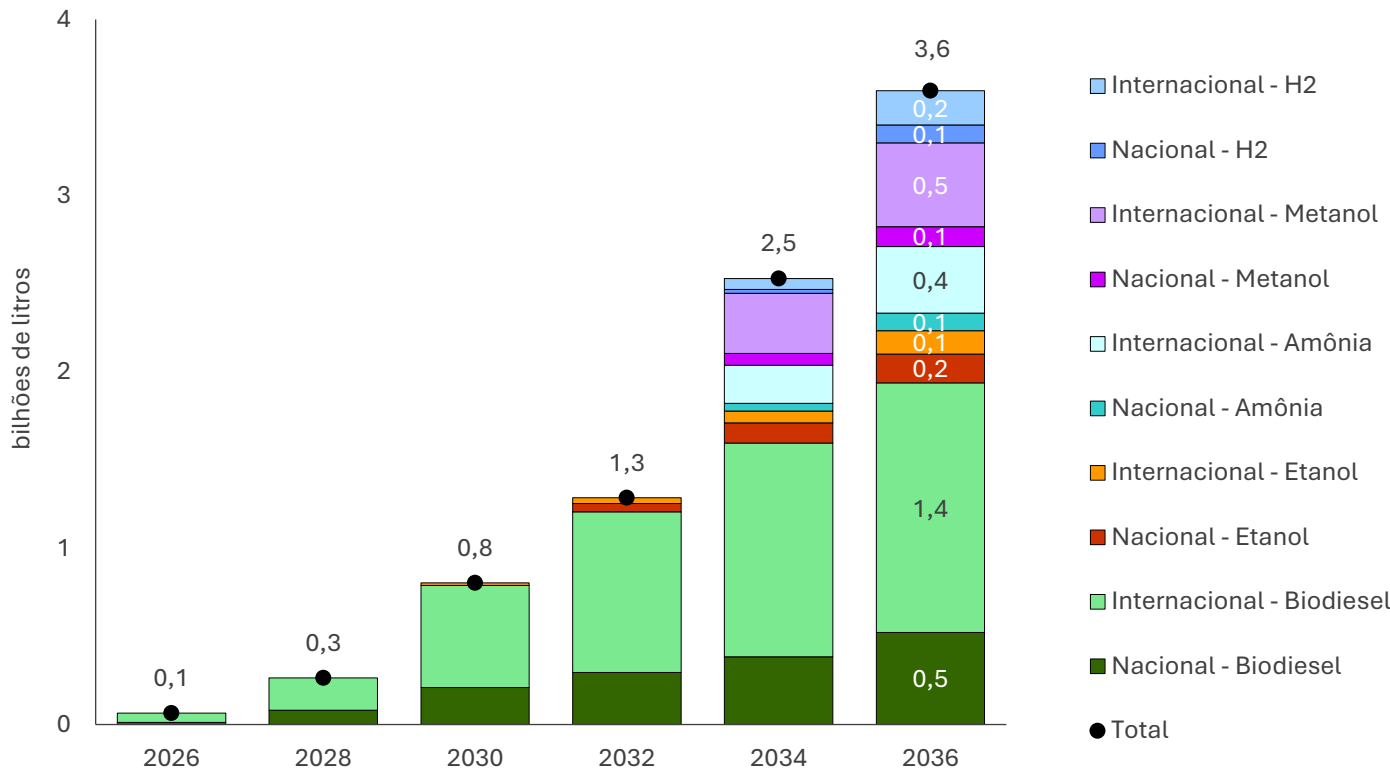
O uso de combustíveis alternativos aos fósseis se configura como uma alternativa para atender às metas.
No horizonte decenal:

Biodiesel (FAME)	Relevante no curto prazo : usa a infraestrutura existente, não exige retrofit dos motores atuais dos navios e já é comercializado no produto VLS B24 da Petrobras (24% de biodiesel misturado ao combustível fóssil).
Etanol	Possibilidade de aproveitar adaptações e estudos feitos considerando o uso de metanol em navios.
Hidrogênio, amônia e metanol	Alternativas para o médio e longo prazos , cuja viabilidade depende da intensidade de emissões ao longo do ciclo de vida, da maturidade tecnológica, da infraestrutura de abastecimento e das adaptações necessárias às embarcações.

Biocombustíveis para uso aquaviário: projeção da demanda

Projeção da demanda de combustíveis de baixa intensidade de carbono para navegação¹ (bilhões de litros)

Fonte: Elaboração EPE.



Notas: (1) Corresponde às demandas para navegação nacional e internacional; (2) Trajetórias de evolução do teor de biodiesel descritas na página 34. Avalia-se que a indústria do biodiesel possui maturidade e agilidade para responder a incrementos de demandas.

1,9 bilhão de litros

Demanda projetada de **biodiesel** para navegação em **2036**, dos quais **1,4 bilhão de litros** correspondem à **navegação internacional**.

B20

Com mandato de **20%** de biodiesel no diesel B, a **capacidade produtiva projetada seria suficiente** para atender à demanda de biodiesel para navegação ao longo de **todo o horizonte decenal**².

B25

No cenário em que a mistura obrigatória de biodiesel alcança **25% em 2036**, a capacidade produtiva projetada seria suficiente para atender à demanda de biodiesel para navegação **até 2032**².

Captura e armazenamento geológico do dióxido de carbono biogênico (BECCS)

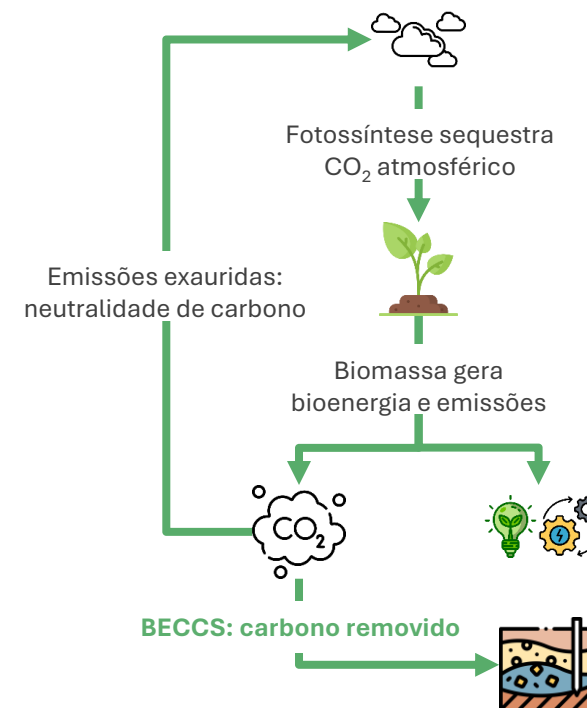
- **Bio-CCS ou BECCS** (*Bioenergy with Carbon Capture and Storage*) são operações que realizam a remoção do carbono capturado da atmosfera durante a fotossíntese, armazenando-o em reservatórios geológicos, podendo gerar biocombustíveis com emissões negativas.
- **A bioenergia brasileira pode disponibilizar CO₂ biogênico de alta pureza¹, em larga escala e a custos competitivos**, devido a seu alto grau de concentração. As principais fontes, por ordem de pureza do gás disponibilizado, são:
 - **Fermentação alcoólica:** a produção de etanol, seja a partir de cana ou milho, gera CO₂ de alta pureza como coproduto da fermentação, uma das oportunidades mais imediatas e custo-efetivas de BECCS.
 - Em 2025, foram produzidos aproximadamente 26,5 milhões de toneladas de CO₂ durante a fermentação, podendo chegar a 38,4 milhões de toneladas de CO₂ / ano em 2036.
 - **Biometano:** a purificação de biogás em biometano resulta em correntes concentradas de CO₂.
 - **Cogeração:** CO₂ biogênico pode ser capturado dos gases de exaustão da cogeração a biomassa em indústrias como a sucroenergética e a de papel e celulose.



Estabelece o marco regulatório da atividade de CCS ao introduzir definições legais e regulatórias para a cadeia. O Decreto nº 13.095, de 12/08/2026, complementa o texto de lei ao detalhar as diretrizes para autorização, exercício e extinção das atividades de CCS pela ANP. O decreto também estipula a obrigatoriedade de elaboração bianual do planejamento de infraestruturas para CCS, a ser realizado pelo MME e pela EPE.



A Política Nacional de Biocombustíveis auxilia a implementação de BECCS ao prever bônus de até 20% à NEEA de biocombustíveis que comprovem emissões negativas.



Destaque

A perfuração do primeiro poço de BECCS do Brasil foi concluída em 2025 (420 mil t CO₂ / ano – fermentação de etanol de milho).

Notas: (1) Altas purezas reduzem a magnitude dos investimentos em captura, aumentando a atratividade de projetos.

Hidrogênio de baixa emissão de carbono: marco legal

2024

Lei nº 14.948

- Institui o **Marco Legal do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono**.
- Cria a **Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono**, tendo o PNH2 como instrumento.
- Cria o **Rehidro** (Regime Especial de Incentivos para a Produção de Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono) e o **PHBC** (Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono).
- Estabelece o **Sistema Brasileiro de Certificação** do hidrogênio de baixa emissão.
- Define **critérios** para enquadramento como hidrogênio de baixa emissão de carbono: $IC_{\text{máx}} = 7 \text{ kgCO}_2\text{eq/kgH}_2$.

Lei nº 14.990

- Institui o **Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC)** e aperfeiçoa a Lei nº 14.948/2024.
- **Fortalece mecanismos de incentivos à produção** de hidrogênio de baixa emissão de carbono.

2026

Decreto nº 13.096

- **Regulamenta as Leis** nº 14.948/2024 e nº 14.990/2024.
- Institui **regras para o Sistema Brasileiro de Certificação do Hidrogênio (SBCH₂)**.
- Detalha a **operacionalização dos incentivos do Rehidro**.
- Define **critérios para certificação e comprovação** da intensidade de carbono.



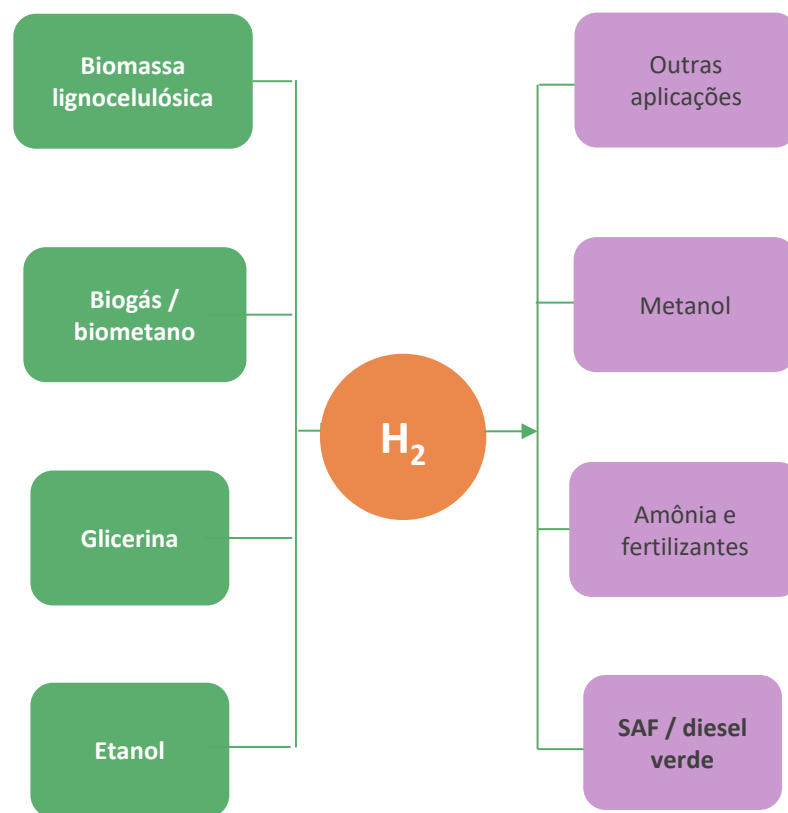
Imagem: Gerada pelo Copilot em 26/10/2026.

Marco legal do hidrogênio de baixa emissão: oportunidades para a bioenergia

Para a cadeia do hidrogênio

- Proporciona **segurança regulatória** para investimentos em projetos de hidrogênio de baixa emissão.
- Favorece a inserção do **biohidrogênio** em mercados nacionais e internacionais que demandam comprovação de sustentabilidade.
- Os mecanismos de incentivo incorporam a **intensidade de carbono** como um dos critérios de elegibilidade e priorização, favorecendo projetos com menores emissões ao longo do ciclo de vida.

Produção de H₂ a partir da biomassa



Uso de H₂ em sistemas de bioenergia

Para a bioenergia

- Cria condições para que rotas baseadas em **biomassa, biogás, biometano e resíduos** sejam reconhecidas por sua **menor intensidade de carbono**, ampliando a segurança jurídica e reforçando as vantagens competitivas das rotas bioenergéticas, tipicamente associadas a menores emissões.
- Com o marco regulatório estabelecido pela Lei nº 14.948/2024 e pelo Decreto nº 13.096/2026, essas rotas passam a contar com **mecanismos de certificação** capazes de evidenciar sua baixa intensidade de carbono e ampliar seu **acesso a mercados diferenciados**.
- Além do avanço de novos bioenergéticos (SAF, diesel verde), o **aumento da produção interna de insumos atualmente importados (fertilizantes e metanol)** permitiria a criação de uma **demanda firme e significativa** para o hidrogênio de baixa emissão.

🔍 Para saber mais: [Hidrogênio e Biomassa \(EPE, 2025\)](#)

Combustíveis sintéticos

São produzidos por processos termoquímicos e catalíticos que convertem insumos de menor complexidade molecular, como H_2 e CO_2^* , em combustíveis.

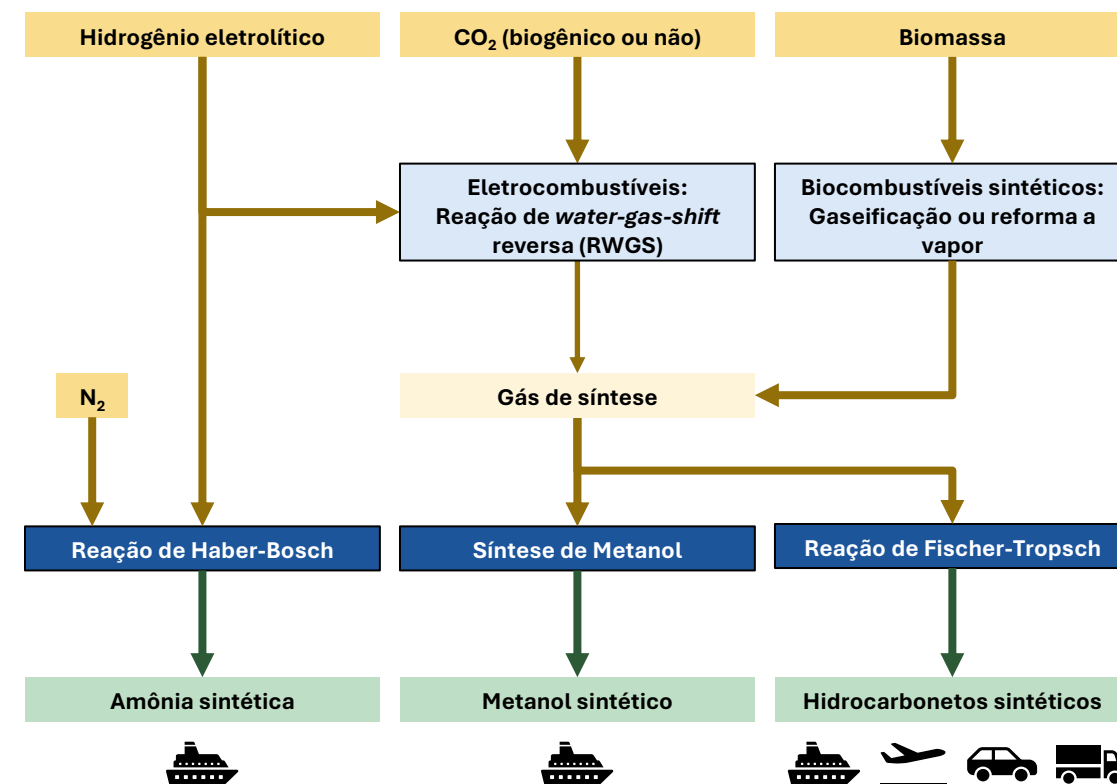
Os combustíveis sintéticos de maior interesse incluem a **amônia sintética**, o **metanol sintético** e os **hidrocarbonetos sintéticos**, que mimetizam combustíveis fósseis e podem ser usados nos sistemas já existentes sem necessidade de adaptação (*drop-in*).

Os principais combustíveis sintéticos podem ser classificados de acordo com a origem dos insumos utilizados:

- **Biocombustíveis sintéticos: conversão da biomassa** com geração do gás de síntese, seguida por conversão do H_2 e CO para **obtenção de combustíveis líquidos** como metanol ou hidrocarbonetos. Possuem a vantagem única de oferecer o H_2 e o carbono biogênico centralizados em um mesmo processo integrado;
- **Eletrocombustíveis (*e-fuels*): oriundos do hidrogênio eletrolítico, que pode ser associado a uma fonte de carbono, tipicamente o CO_2 , ou de nitrogênio.** No caso do CO_2 , a bioenergia brasileira é uma vantagem competitiva porque gera CO_2 biogênico em condições favoráveis à captura e utilização, constituindo-se como uma fonte segura, custo-efetiva, imediata e renovável de carbono.

Projetos anunciados, em estágio preliminar, indicam capacidade superior a 6 milhões de toneladas de amônia sintética e 400 mil toneladas de metanol sintético até 2036, sendo majoritariamente voltados à exportação.

Notas: (1) A nomenclatura adotada pela EPE não inclui combustíveis de rotas já consolidadas ou abordadas neste caderno, como HEFA e ATJ, embora o conceito de “combustível sintético” não seja consensual na literatura.



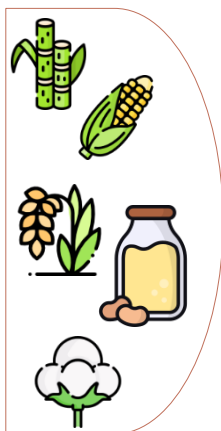
A Lei reconhece e regulamenta oficialmente os combustíveis sintéticos, conferindo à ANP papel central na sua regulação.

Matérias-primas para biocombustíveis



O marco regulatório incentiva investimentos e impulsiona a produção e o uso de biocombustíveis no Brasil. Para sustentar o aumento da oferta diante da crescente demanda prevista para os próximos anos, torna-se essencial ampliar e diversificar as matérias-primas utilizadas em sua produção.

O Brasil apresenta uma cesta de matérias-primas diversificada, em diferentes graus de maturidade, para a produção de biocombustíveis:



- Cana-de-açúcar e milho são utilizados para a produção de **etanol**. Além do biocombustível, esses insumos dão origem a: açúcar, bioeletricidade, **biogás e biometano**, biomassa para E2G, DDGS¹ (*distiller's dried grains with solubles*) e óleo de milho;
- Trigo e sorgo também estão presentes em projetos, e o agave, em estudo, para obtenção de **etanol**;
- Óleo de soja, sebo bovino, óleo de algodão e outros são aplicados na produção do **biodiesel** e seus coprodutos: farelo, glicerina;
- Ainda em desenvolvimento, óleos de macaúba e de palma e, como possibilidade, óleo de babaçu, como potenciais insumos para impulsionar a economia local e promover o progresso regional para produção de **SAF** (rota HEFA), diesel verde (**HVO**) e **biodiesel**;
- Biomassa residual de outras agroindústrias e de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) para **biometano**;
- Biomassas lignocelulósicas, provenientes tanto de resíduos agrícolas quanto florestais já estão envolvidas na geração de bioeletricidade e podem ser utilizadas para obtenção de gás de síntese e produção de **combustíveis sintéticos**.
- Conforme apresentado anteriormente, o hidrogênio de baixa emissão, produzido por diferentes rotas tecnológicas que atendam aos critérios de intensidade de emissões estabelecidos no marco legal, pode servir como base de uma indústria de síntese de e-combustíveis.

- O uso de biocombustíveis como uma das soluções para a descarbonização demandará maior disponibilidade de matérias-primas.
- Novos biocombustíveis, como SAF e diesel verde, demandarão matérias-primas originalmente das cadeias de bioenergia tradicionais, etanol e biodiesel.
- A diversificação de matérias-primas, aliada a políticas públicas, pode ser um importante vetor de desenvolvimento regional.
- A fonte energética necessária para a produção de combustíveis sustentáveis é um ponto de acompanhamento.



Notas: (1) Grãos secos de destilaria com solúveis - coprodutos da produção do etanol do milho utilizados na nutrição animal (bovinos, aves e suínos).

Investimentos em biocombustíveis

Investimentos em biocombustíveis



Unidades Sucroenergéticas²

1 construção

Unidades: 30 ampliações: 1,6 bilhão de litros
2 reativações: 96 milhões de litros

Investimento: R\$ 5,9 bilhões



Formação de Canavial³

Estimativa: 593 Mtc entre 2027 e 2036

Investimento: R\$ 24,1 bilhões

E2G Unidades de Segunda Geração

Unidades: 5 greenfields: 0,4 bilhão de litros

Investimento: R\$ 6,2 bilhões



Etanol de Milho e outros cereais

Full: 21 em construção, 3 ampliações e 7 indicativas.

Unidades: Flex: 2 em construção e 2 ampliações.

Total: 9,6 bilhões de litros

Investimento: R\$ 25,3 bilhões



Biometano⁴

27 construções e 1 ampliação:

Unidades: 332 milhões de Nm³/ano e
projetos indicativos de 3,1 bilhões de Nm³/ano

Investimento: R\$ 31,1 bilhões



Biodiesel

9 novas e 3 ampliações: 2,0 bilhões de litros/ano

Unidades: 10 unidades de esmagamento de soja: 14,6 milhões de toneladas a.a.

Investimento: R\$ 9,9 bilhões



SAF/HVO

Unidades: 5 em construção, 1 projeto: 5,5 bilhões de litros

Investimento: R\$ 39,0 bilhões

Notas: (1) Não são considerados investimentos em distribuição e comercialização de biocombustíveis, nem os custos de operação e manutenção; (2) Expansões autorizadas são aquelas indicadas pela ANP. À época da elaboração do estudo, a usina em construção registrada na ANP ainda não tinha sua capacidade de produção de etanol informada; (3) Investimentos em formação do canavial para açúcar adicionam R\$ 24,6 bilhões (606 Mtc); (4) RSU, agrossilvopastoris e comerciais e resíduos da cana.

Investimentos estimados para o setor de biocombustíveis no Brasil: 2027-2036



R\$ 142 bilhões

Considerações finais

Considerações finais

Os biocombustíveis continuarão a ter participação relevante na matriz energética brasileira no horizonte decenal. Somada ao RenovaBio, a Lei do Combustível do Futuro corrobora os desdobramentos positivos e o fortalecimento do setor.

A oferta de etanol será crescente no período decenal, com a cana-de-açúcar mantendo a sua relevância e acompanhada pelo crescimento expressivo do etanol de milho, que avançará para 40% no final do período. As usinas poderão ainda aproveitar suas potencialidades na produção de biogás/biometano, etanol de segunda geração, SAF, entre outros. Estima-se a ampliação de capacidade de produção de etanol e construção de novas unidades para cana 1G e 2G e para o milho. O etanol hidratado aumentará sua competitividade em relação à gasolina C no horizonte decenal.

A bioeletricidade do bagaço da cana contribui para renovabilidade da matriz elétrica nacional e para a complementaridade da geração de energia no período de estiagem. Uma significativa vantagem para as indústrias do setor sucroenergético associada à bioeletricidade é a garantia de recursos financeiros propiciados pela comercialização de energia elétrica.

O biogás terá uma maior participação na matriz energética, podendo ser destinado à geração elétrica e, com a purificação para biometano, à substituição do óleo diesel e em mistura com o gás natural fóssil, nas malhas de gasodutos. Também existe um potencial para o aproveitamento das palhas e pontas do setor sucroenergético.

O crescimento do número de plantas de biometano, aliado aos avanços regulatórios e às metas de descarbonização, indica que há capacidade produtiva suficiente para atender à demanda mandatória projetada até 2029 e expectativa de novos projetos que possibilitem o atendimento até 2036.

Considerações finais

A demanda de biodiesel manter-se-á nos limites definidos por lei, sendo o FAME o principal produto. Espera-se que o óleo de soja permaneça como a principal matéria-prima para a produção de biodiesel no decênio, sendo importante o desenvolvimento de culturas alternativas, visando impulsionar o desenvolvimento regional, o que poderá contribuir para a geração de empregos e a interiorização da renda.

O PNPB demonstrou ser uma importante política pública de inserção da agricultura familiar na economia formal, que é responsável pela produção de uma parcela considerável da cesta de alimentos consumida pela população brasileira. Esse modelo é passível de ser replicado tanto para novos biocombustíveis, como para outros setores. Em consonância com os objetivos do Selo Biocombustível Social, a produção de biocombustíveis poderá se constituir como um vigoroso vetor de incentivo ao fortalecimento da agricultura familiar e à promoção da segurança alimentar.

Existem perspectivas para a produção de SAF e diesel verde a partir de diversas rotas tecnológicas e matérias-primas, bem como para a produção de hidrogênio por múltiplos processos, tendo como insumos biomassa, biogás e biometano. O biodiesel e o etanol poderão ser utilizados no setor aquaviário. Além disso, há potencial para a utilização de diesel coprocessado em motores ciclo Diesel.

O desenvolvimento e a disseminação dos biocombustíveis contribuem para que o Brasil mantenha sua relevância no uso de energias renováveis e na liderança de uma transição energética mundial justa e inclusiva, o que demandará investimentos em novas biorrefinarias, contribuindo para que o país atinja as metas de redução de emissões.

PDE 2036 | Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2036

Caderno de Biocombustíveis e Combustíveis Sintéticos



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



AGRADECIMENTOS

Agradecemos às diversas equipes do MME pela revisão do documento e pelas contribuições apresentadas, que contribuíram para seu aperfeiçoamento: Departamento de Biocombustíveis (DBIO/SNPGB); Departamento de Eletromobilidade (DEMOB/SNTEP); Departamento de Gás Natural (DGN/SNPGB); Departamento de Informações, Estudos e Eficiência Energética (DIEE/SNTEP); Departamento de Transição Energética (DTE/SNTEP); Secretaria Executiva (SE).

Os ícones utilizados neste caderno foram obtidos em Flaticon.



PDE 2036

Clique [aqui](#) e acesse todos os estudos do PDE 2036

Siga a EPE nas redes sociais e mídias digitais:



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

