

PDE 2035

Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2035

Oferta de Biocombustíveis

Julho 2025



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



FICHA TÉCNICA

PDE 2035 | Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2035 OFERTA DE BIOCOMBUSTÍVEIS



Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário Executivo

Arthur Cerqueira Valerio

Secretário Nacional de Energia Elétrica

Gentil Nogueira de Sá Junior

Secretária Nacional de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Ana Paula Lima Vieira Bittencourt

Secretário Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

Pietro Adamo Sampaio Mendes

Secretário Nacional de Transição Energética e Planejamento

Gustavo Cerqueira Ataíde

www.mme.gov.br

Composição dos cargos em 01 de julho de 2025

Rio de Janeiro, 2025

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



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



FICHA TÉCNICA

PDE 2035 | Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2035 OFERTA DE BIOCOMBUSTÍVEIS

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE

Coordenação Executiva

Angela Oliveira da Costa

Coordenação Técnica

Angela Oliveira da Costa

Rachel Martins Henriques

Rafael Barros Araujo

Equipe Técnica

Superintendência de Derivados de Petróleo e Biocombustíveis

Ana Paula Oliveira Castro

Anderson L. S. Pelluso (estagiário)

Arthur Cortez Pires de Campos

Bruna Souza Lopes Graça

Dan Abensur Gandelman

Danielle Borher de Andrade

Daniilo Perecin

Ederaldo Godoy Junior

Euler João Geraldo da Silva

Superintendência de Derivados de Petróleo e Biocombustíveis

Guilherme Correa Naresse

João Pedro Rachid Braga (estagiário)

Juliana Pereira Targueta

Leônidas Bially Olegario dos Santos

Letícia Gonçalves Lorentz

Luciano Basto Oliveira

Marina Damião Besteti Ribeiro

Paula Isabel da Costa Barbosa

Rafael Belém Lavrador

Apoio Administrativo

Raquel Lopes Couto

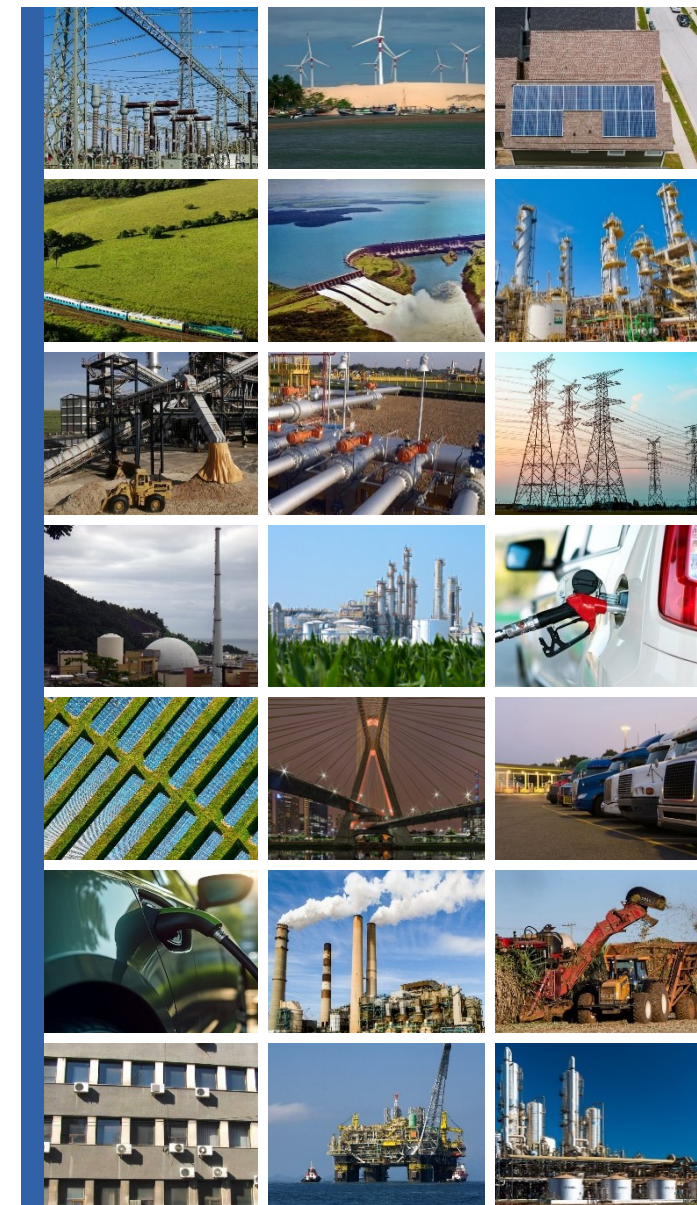


Valor Público

A EPE realiza estudos e pesquisas para subsidiar a formulação, implementação e avaliação da política e do planejamento energético brasileiro.

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 o potencial de produção do biometano, as perspectivas de uso de biocombustíveis no transporte aquaviário, além de inovações tecnológicas como a captura e armazenagem de dióxido de carbono (Bio-CCS), 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 – PDE 2035, com estudos finalizados em julho de 2025. 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. Logo, quaisquer decisões de encaminhamento (como formulação de políticas públicas, definição de diretrizes estratégicas, decisões de investimento ou de estratégias de negócio) dependem de outras instituições públicas e privadas.

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

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 um dos meios para mitigar os efeitos adversos da ação do homem no clima e proteger a qualidade de vida no planeta.



A mudança das fontes não renováveis para energias renováveis, com produção em escala e economicamente viável, assim como o aumento da eficiência energética, é o desafio a ser enfrentado.



O uso de biocombustíveis, com destaque para o etanol e o biodiesel FAME¹, é um dos grandes *drivers* para suplantiar tal desafio. Mais recentemente despontam o diesel verde, o biogás/biometano e os combustíveis sustentáveis de aviação, que serão apresentados ao longo deste caderno.



Para que haja avanços substanciais na obtenção destes novos produtos em larga escala mundialmente, é necessário que as biorrefinarias ampliem o leque de produtos gerados (bioenergia, materiais, químicos e alimentos/ração), de forma a garantir a sustentabilidade econômica e ambiental, se caracterizando como uma nova frente de investimentos para a transição energética.

Nota 1: Fatty acid methyl ester; em português, ésteres metílicos de ácido graxo.

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 diesel B



Linhas de financiamento específicas para biocombustíveis
Integração entre programas e políticas públicas
Programa Nacional de Hidrogênio, PLANTE, PATEN¹ e outros



Contribuir com a relação de eficiência energética e de redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE) dos 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 a captura e estocagem geológica de CO₂
Institui o ProBioQAV, o PNDV² e o “Programa Nacional do Biometano”



Objetiva impulsionar o desenvolvimento da indústria nacional
Explicita as 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

Nota1: Plano Nacional de Transição Energética; Programa de Aceleração da Transição Energética
Nota2: Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação e Programa Nacional de Diesel Verde

PDE 2035

Etanol



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

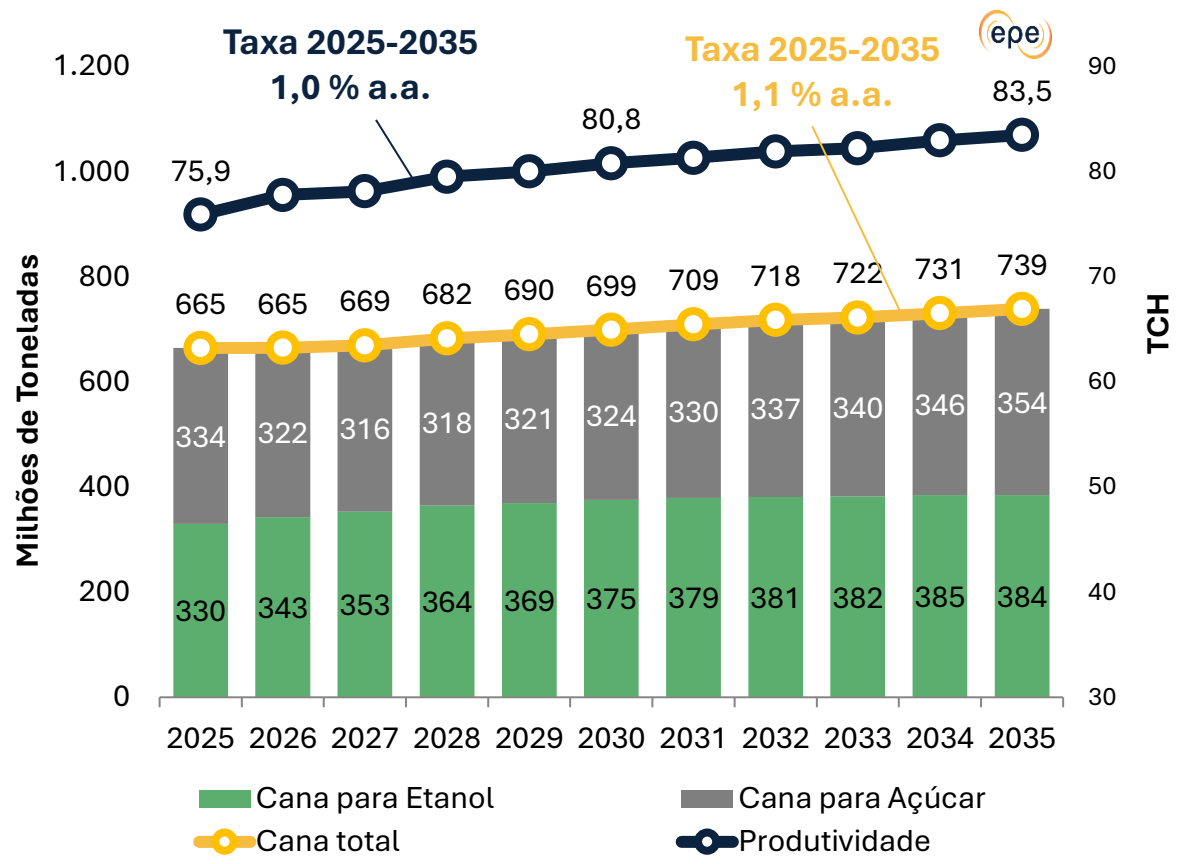


Evolução e destinação da cana-de-açúcar

Cana-de-açúcar	2025	2035
Área (Mha)	8,76	8,85
Rendimento (kg ATR/tc)	139,9	142,3
Cana para Etanol (%)	49,7	52,0

- As usinas de cana vêm sendo impulsionadas pela atratividade do açúcar no mercado internacional;
- Os investimentos a serem realizados visam principalmente a ampliação da capacidade de cristalização, além da capacidade de produção de etanol e melhorias nos canaviais;
- Cogeração, produção de biometano, de SAF e de combustíveis renováveis para uso aquaviário, entre outros, seriam formas de aproveitar as potencialidades desse setor;
- A produtividade e o rendimento da cana apresentam um avanço como consequência dessas ações.

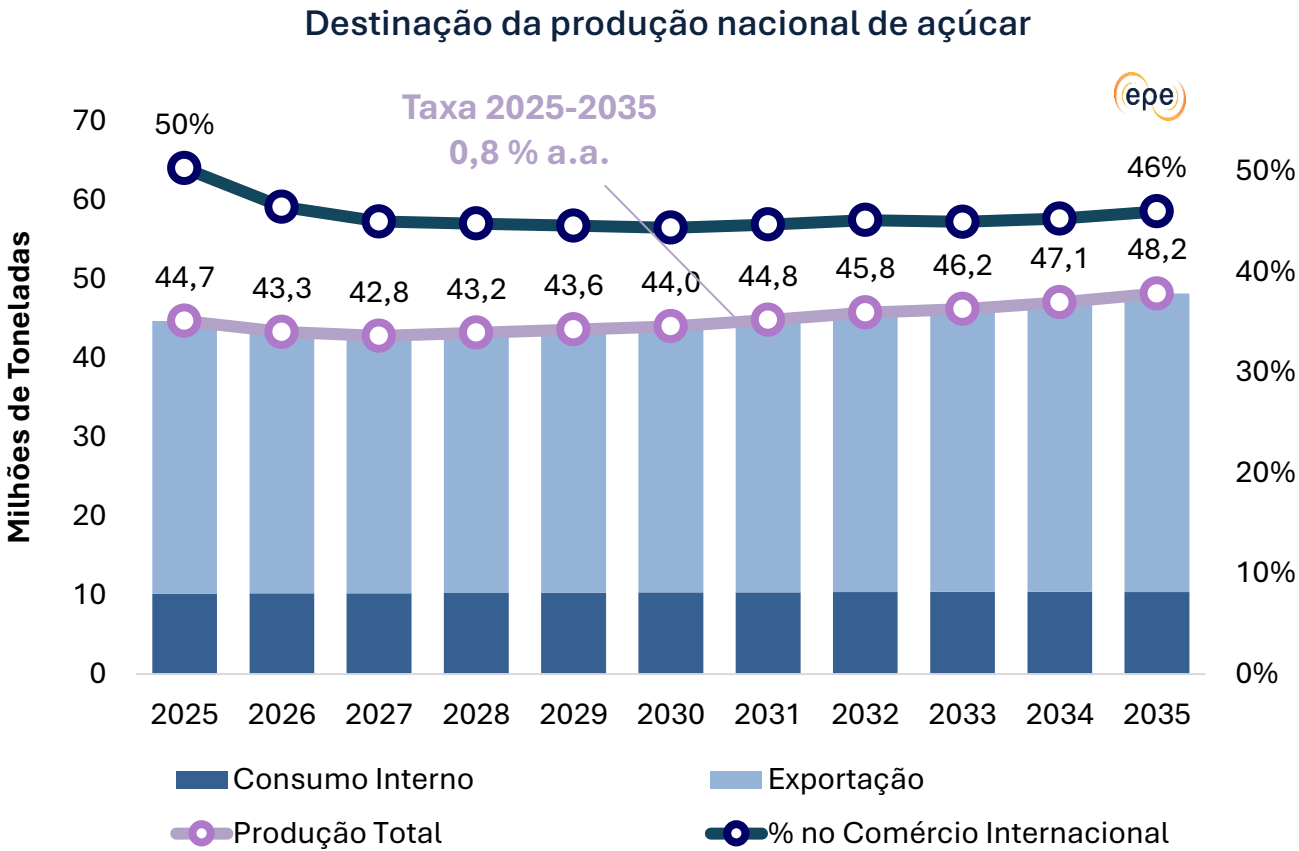
Produtividade, cana processada e destinação para etanol e açúcar



Fonte: Elaboração EPE

Produção de açúcar e destinação

- O consumo *per capita* brasileiro (kg/hab./ano) considera renda, envelhecimento da população e mudanças de hábitos alimentares;
- O Brasil mantém a sua posição de destaque no mercado externo, sendo responsável por aproximadamente 50% do fluxo da *commodity* do comércio internacional:
 - Fatores impulsionadores: crescimento da demanda dos países importadores (da África e Ásia);
 - Potenciais fatores limitantes: aumento na produção de atores relevantes, tais como Índia, Tailândia e UE.



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

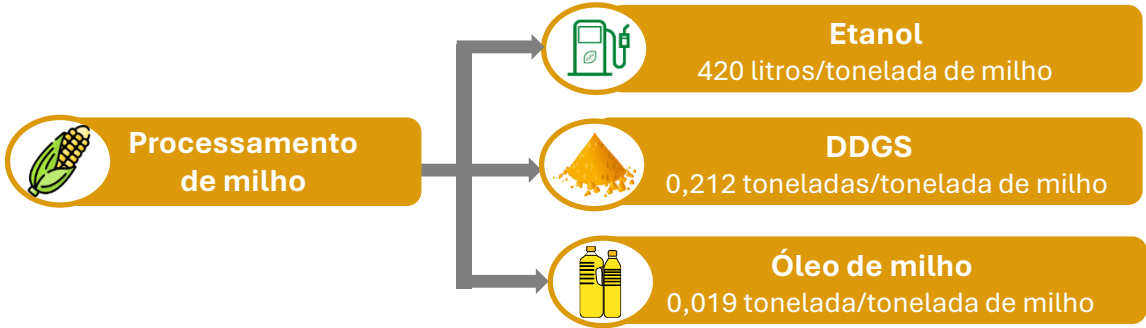
Etanol de milho e coprodutos

Panorama

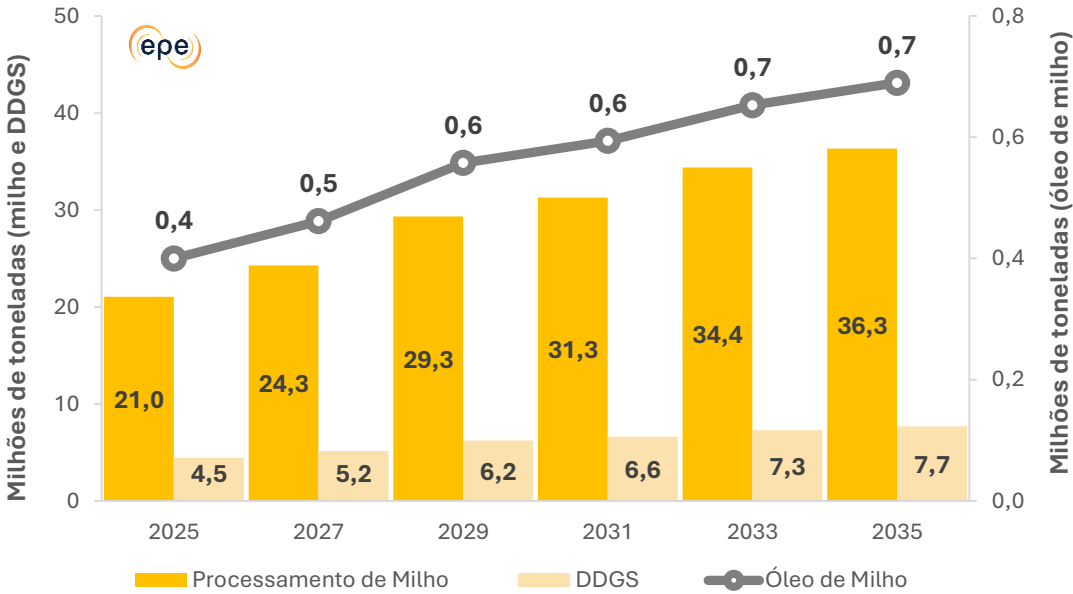
- O **etanol de milho** vem ampliando a sua participação na matriz energética do Brasil;
- Em **2024**, foi responsável por **20% da produção** desse biocombustível;
- **Importante na entressafra** da cana-de-açúcar da região Centro-Sul (dezembro a março), atingindo 70% da produção total;
- Crescimento expressivo da **segunda safra de milho** (cerca de **80%** em 2023/24), com destaque ao **Mato Grosso**;
- A **destinação do milho** para **etanol** representou **15%** do total produzido na safra 2023/24;
- Coprodutos destinados à nutrição humana e animal: óleo de milho e DDGS (*distiller's dried grains with solubles*)¹.

Nota 1: Em português, grãos secos de destilaria com solúveis

Nota 2: Os fatores de conversão utilizados são médias e algumas unidades alcançam valores superiores aos indicados.



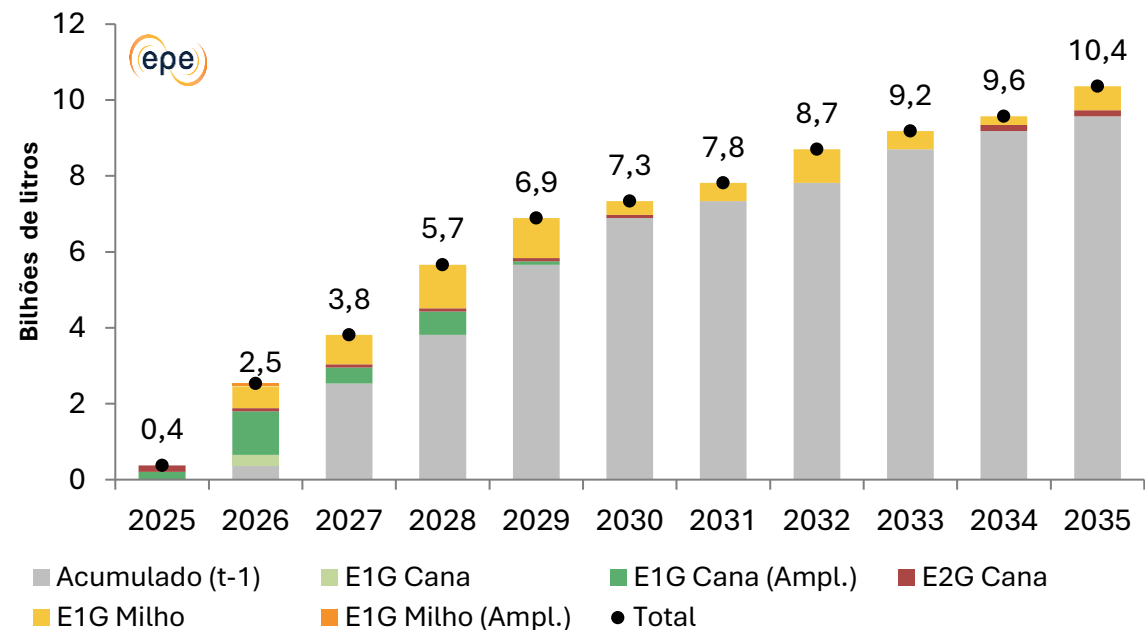
Ícones: flaticon.com



Fonte: Elaboração EPE

Oferta de etanol e capacidade produtiva por tipo de insumo

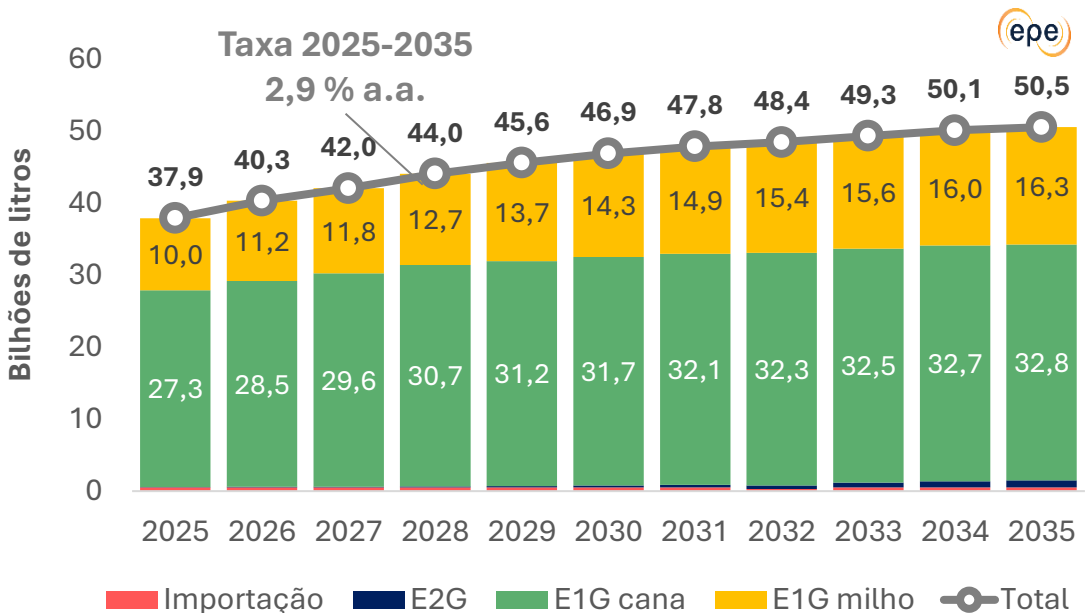
Capacidade de produção de etanol adicionada



- Cana: ampliação de produção de etanol (2,5 bilhões de litros) e construção de novas unidades (0,3 bilhão de litros), autorizadas pela ANP. Para o E2G considera os projetos anunciados e indicativos (cerca de 1,0 bilhão de litros);
- Milho¹: ampliações e implantações autorizadas pela ANP (4,5 bilhões de litros) e indicativas (2,2 bilhões de litros).

Nota 1: A indicação milho contempla também soja, trigo e outros cereais.
Fonte: Elaboração EPE

Projeção da oferta total de etanol

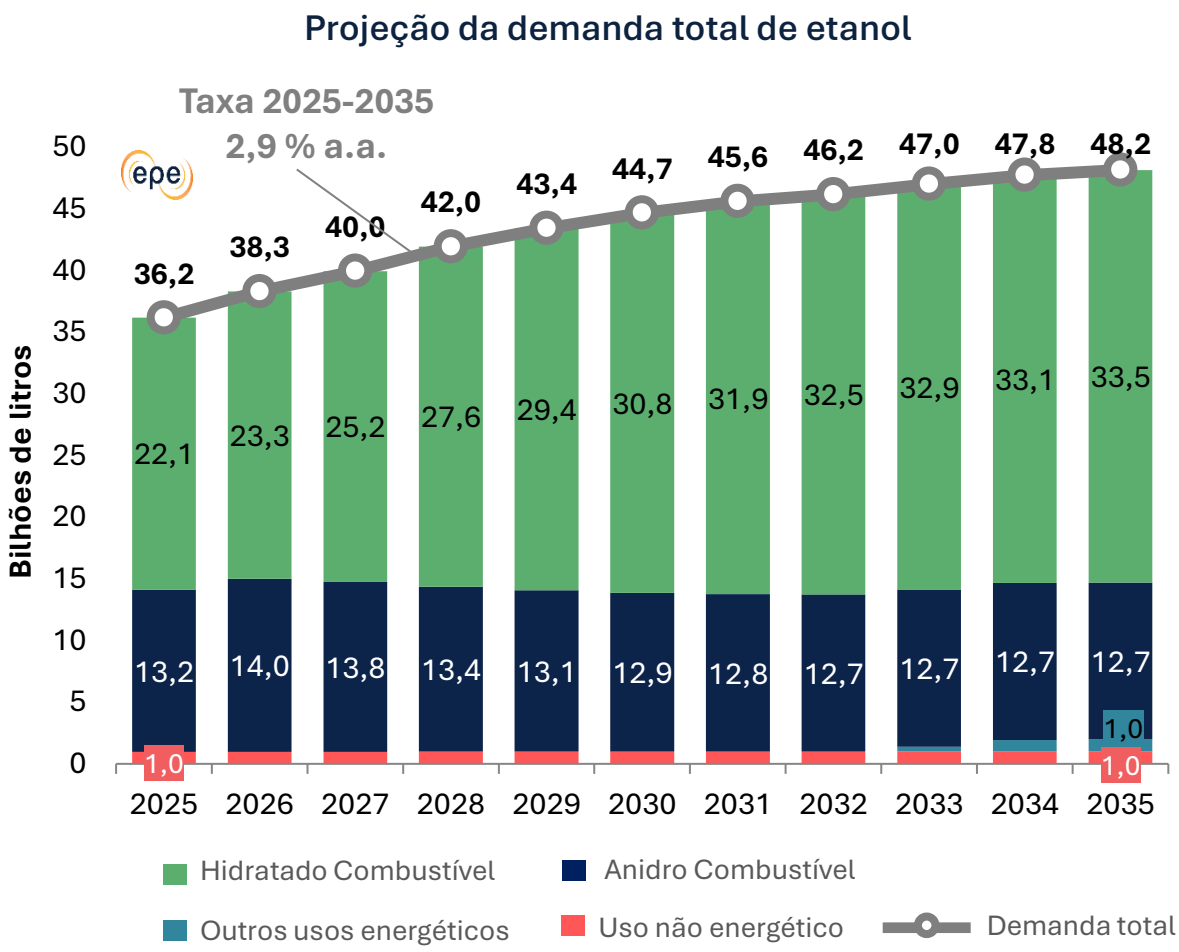


- O etanol de cana-de-açúcar mantém sua participação relevante na oferta total;
- O etanol de milho representará mais de 30% da oferta total em 2035;
- A produção de E2G² alcançará 1,0 bilhão de litros no final do período.

Nota 2: Há a possibilidade de construção de outros projetos, seja pela detentora do pacote tecnológico, seja por outras empresas que o adquiram, mediante pagamento de royalties.

Demanda de etanol (energética e outros fins)

- Maior competitividade do hidratado frente à gasolina:
 - Sinais positivos provenientes do RenovaBio;
 - Melhorias dos fatores de produção, realizadas pelo setor;
- *Market share* do etanol hidratado nos veículos *flex fuel* será de **52% em 2035** (39% em 2025);
- Participação do etanol combustível no ciclo Otto de **61% em 2035** (51% em 2025);
- Haverá demanda de etanol para a produção nacional de **SAF** e para **uso aquaviário**, atingindo cerca de **1,0 bilhão de litros em 2035**;
- Outros usos para o etanol (bebidas, cosméticos, produtos farmacêuticos, compostos oxigenados e alcoolquímicos): **1,0 bilhão de litros em 2035**;
- O etanol também poderá ser insumo para produção de biocombustíveis em outros mercados, o que pode alterar a demanda ou incentivar a sua produção.



Nota: Hidratado e anidro combustível referem-se ao utilizado no transporte rodoviário. Para outros usos energéticos e uso não energético, a demanda indicada contempla as parcelas de anidro e hidratado.

Fonte: Elaboração EPE

Exportações de etanol

Mercado Internacional

- **Tendências mundiais:**
 - Políticas de incentivo à eficiência energética e/ou promoção de fontes energéticas mais avançadas;
 - Modestos volumes comercializados, em comparação aos combustíveis fósseis;
 - Importância dos biocombustíveis para a segurança do abastecimento, diversificação da matriz energética e redução da emissão de GEE.
 - Uso do etanol para produção de SAF em outros países.
- **Principais destinos e políticas:**
 - EUA: *Renewable Fuel Standard*, volumes definidos pela EPA (*Environment Protection Agency*);
 - União Europeia: *Renewable Energy Directive*;
 - Ásia: China e Japão (mandatórios) e Coreia do Sul (indústria e setor alimentício).



Imagem: Freepik / rawpixel.

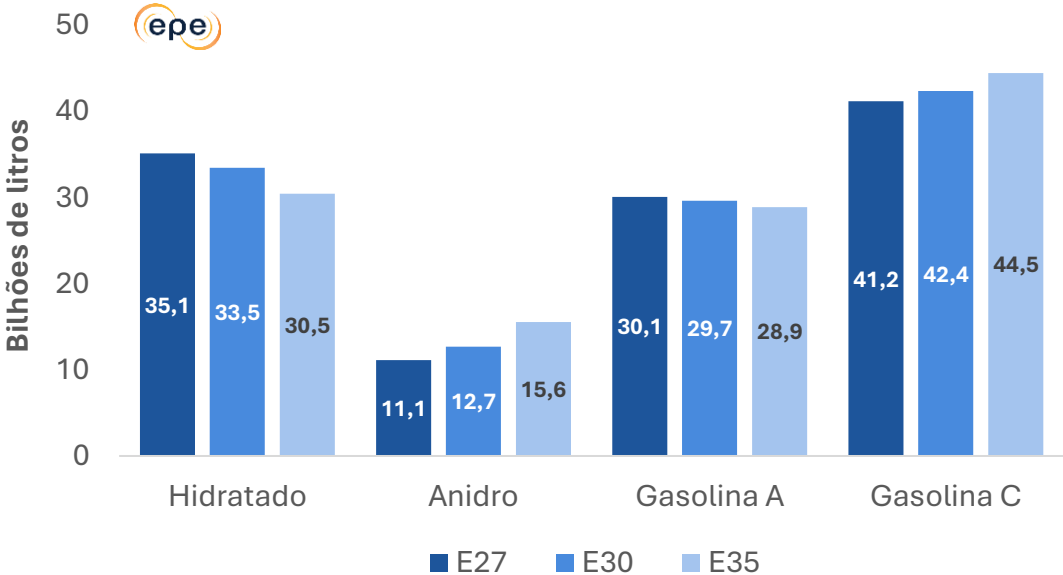
Exportações líquidas

- 2025: 1,2 bilhão de litros em 2025
- 2035: 1,84 bilhão de litros em 2035

Análise de sensibilidade para o teor de etanol na gasolina C

- A Lei nº 14.993/2024 (Combustível do Futuro) estabelece que o percentual de adição de etanol anidro na gasolina C pode variar entre 22% a 35%;
- Foi realizada uma análise de sensibilidade para a verificação do impacto da alteração do teor de etanol anidro na gasolina C:
 - **E27:** percentual de mistura em 27% em todo o período;
 - **E30:** percentual de mistura em 30% a partir de agosto de 2025, conforme Resolução CNPE nº 09/2025¹;
 - **E35:** percentual de mistura alcança 35% em 2035;
- A produção de açúcar não se altera nas trajetórias consideradas;
- Com a diminuição da demanda da gasolina A, haverá redução de emissões de GEE.

Demanda de combustíveis do ciclo Otto em 2035



Fonte: Elaboração EPE

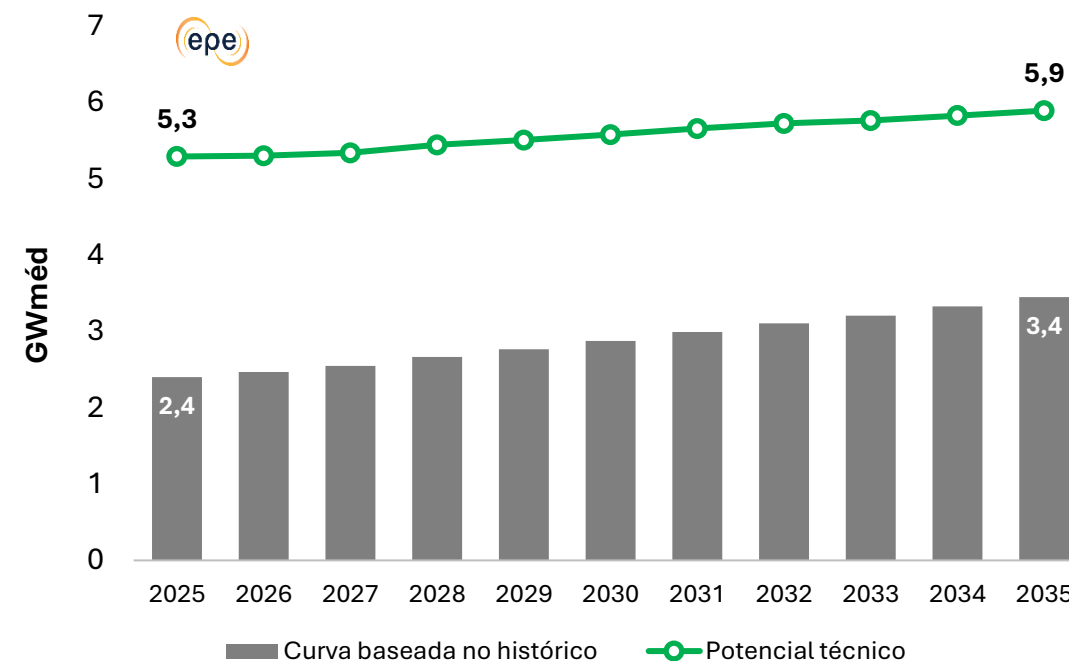
Nota: O teor de anidro na gasolina *premium* permanece em 25%.

Bioeletricidade da cana-de-açúcar

Bioeletricidade da cana-de-açúcar

- O aproveitamento energético da biomassa residual da cana-de-açúcar destina-se ao autoconsumo e à exportação ao SIN;
- A capacidade de geração da biomassa de cana atingiu 12,7 GW em julho de 2025;
- Comercialização no ambiente regulado (ACR) se reduz ao longo do período;
- O ambiente de contratação livre (ACL) e a liquidação de energia no mercado *spot* (PLD) se configuram como mercados majoritários;
- O bagaço também é destinado à produção de E2G e para cogeração em usinas de etanol de outras fontes como, por exemplo, o milho;
- Biomassa da cana representa cerca de 80% da bioeletricidade. Demais biomassas correspondem a aproximadamente 20%, com o licor negro respondendo pela maior parte desta participação.

Potencial de exportação de eletricidade gerada por bagaço



Fonte: Elaboração EPE

Biogás e biometano

Papel das políticas públicas para biogás e biometano

A partir da maturidade tecnológica do biometano, a combinação entre as **políticas públicas** em vigor e o **interesse de consumidores** (slide seguinte) propicia os fundamentos para sua expansão no horizonte decenal. No setor sucroenergético, espera-se uma rápida disseminação para mais usinas em diferentes modelos de negócio.

Redução do CAPEX: os projetos de produção de biometano podem se candidatar aos benefícios do **REIDI**¹, que suspende a incidência de impostos federais² sobre bens e serviços destinados às obras;

- Diversos projetos aprovados com desconto estimado nos investimentos da ordem de 6% a 10%.

¹ REIDI: Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura

² PIS/Pasep e Cofins.

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

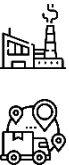
- O biometano detém a maior NEEA³ média e 100% de volume elegível;
- A venda de CBIO pode representar 15% do valor da molécula;
- Pode-se gerar CBIO indiretamente ao se substituir fósseis por biometano na cadeia de produção de biocombustíveis certificados.

³ NEEA: Nota de eficiência energético ambiental, em gCO₂eq/MJ

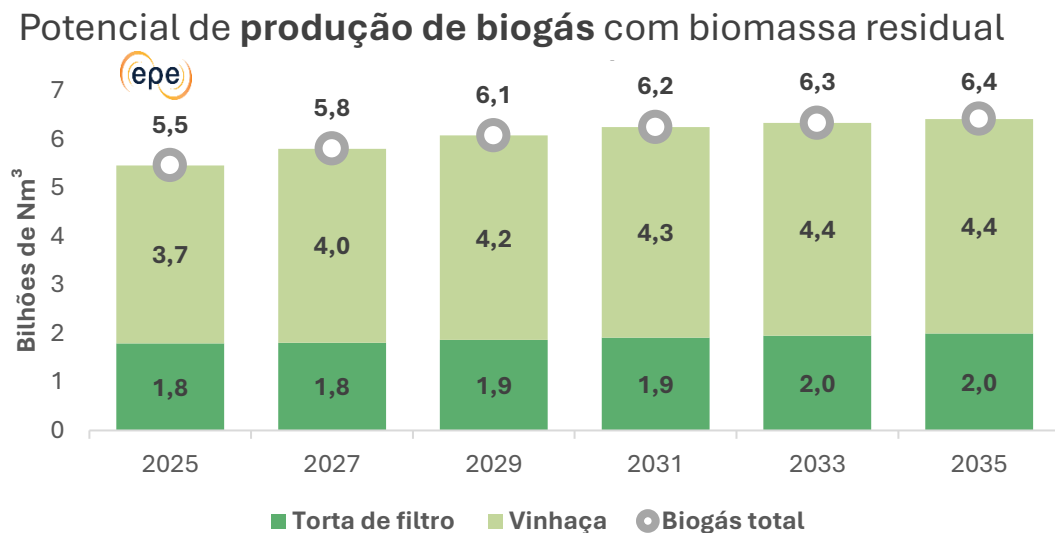
Mais avanços esperados

- 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;
- **Lei do Combustível do Futuro:** cria o *Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano* e determina que o CNPE definirá metas anuais para redução da emissão GEE pelo setor de gás natural. Segundo a Lei, a meta entrará em vigor em 2026.

Demandas que podem impulsionar o biometano no curto prazo

					
	Setores	Demanda a ser atendida	Motivações do interesse no biometano	Modelos de negócio	Resultados potenciais
	Agropecuário e agroindustrial	Demanda energética significativa em máquinas agrícolas e caminhões, que atualmente é atendida pelo diesel.	Potencial de produção de biogás/biometano a partir de resíduos das próprias atividades . Exemplos: sucroenergético, produção animal.	Autoprodução e postos de abastecimento de biometano, distantes de gasodutos. Parcerias com detentores de tecnologias.	Reduzir importações e o transporte de diesel pelo território nacional, garantindo benefícios ambientais. Potencial de redução de custos.
	Indústria e setor logístico	Substituição do gás natural e de outros combustíveis fósseis em usos energéticos ou como insumo para outros produtos.	Companhias buscando a redução de emissões : respondendo à precificação de carbono, metas ou visando ao ganho de competitividade do produto final.	O suprimento pode ser direto, via GNC/GNL ou gasodutos dedicados, ou indireto, via rede de gás e contratos no mercado livre	Acordos de fornecimento podem garantir receitas, reduzir riscos e melhorar as condições de financiamento dos investimentos, tornando-os mais viáveis.
	Distribuidoras de gás e empresas de energia	Distribuidoras: mercados cativos de gás natural das concessionárias. Empresas: mercado livre e novos mercados.	Diversificação do portfólio de suprimento e oferta de combustível renovável aos clientes. Antecipação a eventuais regulações. Busca por pioneirismo e liderança no setor.	Chamadas públicas para contratação de biometano; parcerias e desenvolvimento da infraestrutura de gasodutos, sob regulação. Domínio da cadeia de suprimento de biometano.	Perspectiva de longo prazo para o gás face à transição energética. Implementação de infraestrutura alinhada à oferta de biometano. Melhoria da viabilidade dos projetos.

Potencial de produção de biogás e biometano do setor sucroenergético



Fonte: Elaboração EPE

O potencial a partir da vinhaça e da torta de filtro, que soma **6,4 bilhões de Nm³ de biogás em 2035**, é considerado mais tangível: esses resíduos estão disponíveis e concentrados nas usinas, diferentemente da palha, atualmente disposta na área de cultivo.

Caso viabilizada de forma sustentável, a coleta de 20% das palhas e pontas acrescentaria 5,5 bilhões de Nm³/ano de biogás (cerca de 3,0 bilhões de Nm³/ano de biometano) em 2035 ao potencial do setor.

- Produtos energéticos dos 6,4 bilhões de Nm³ de biogás (2035):
 - 1,9 GWmédio de eletricidade exportada; **ou**
 - **3,3 bilhões de Nm³ de biometano** (equivalente a cerca de 10% do consumo total de gás natural em 2024).

Análise de sensibilidade: usinas mais saudáveis financeiramente

Adotando-se apenas a produção referente a essas usinas, e considerando exclusivamente 100% da vinhaça e da torta de filtro, a produção de **biometano** seria de **1,7 bilhão de Nm³** (cerca de 3,0 bilhões de Nm³ de biogás) em 2035, que poderia gerar cerca de 1,0 GWmédio.

- Esse volume seria suficiente para suprir cerca de **15% da demanda de diesel A do setor agropecuário**.

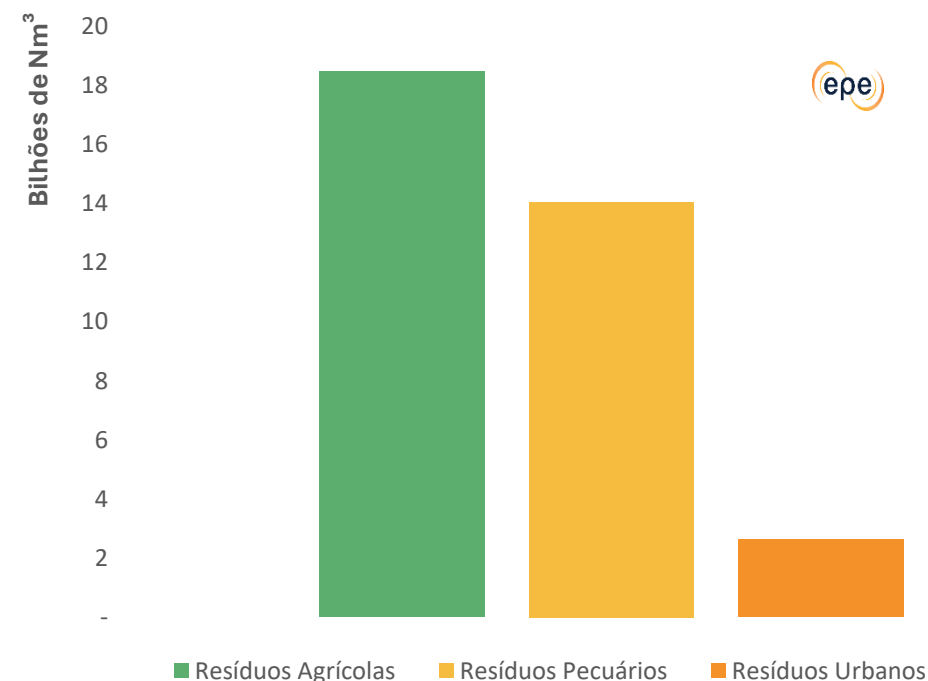
Somando-se o potencial de 20% das palhas e pontas das usinas selecionadas, o potencial de biometano atingiria **3,3 bilhões de Nm³** em 2035 (6,0 bilhões de Nm³ de biogás), ou cerca de 30% da demanda agropecuária de diesel A.

Autorizações pela ANP de operação e construção de plantas de biometano são de aproximadamente 800 Milhões Nm³/ano, de todos os insumos, até 2028.

Potencial de produção de biometano das demais biomassas residuais

- Com o aproveitamento de toda a biomassa residual mapeada no Brasil, estima-se que o potencial de biometano que poderia ser ofertado superaria o valor de 170 bilhões Nm^3 . Para esta análise, foram considerados os seguintes resíduos:
 - Casca e Palhas de arroz, palhas de milho, soja e trigo;
 - Esterco suíno, avícola e bovinos de leite e corte;
 - Resíduos urbanos sólidos e líquidos.
- Em uma análise mais conservadora, levando em conta as dificuldades logísticas, os entraves técnicos e financeiros, considerando apenas parte deste potencial*, em 2035 esse montante seria de aproximadamente 35 bilhões Nm^3 ;
 - Este volume atenderia cerca de 50% da demanda nacional de diesel A no final do período decenal.

Potencial de produção de biometano das demais biomassas residuais em 2035



Nota: *80% dos resíduos urbanos e da pecuária, média 50% dos resíduos agrícolas

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

PDE 2035

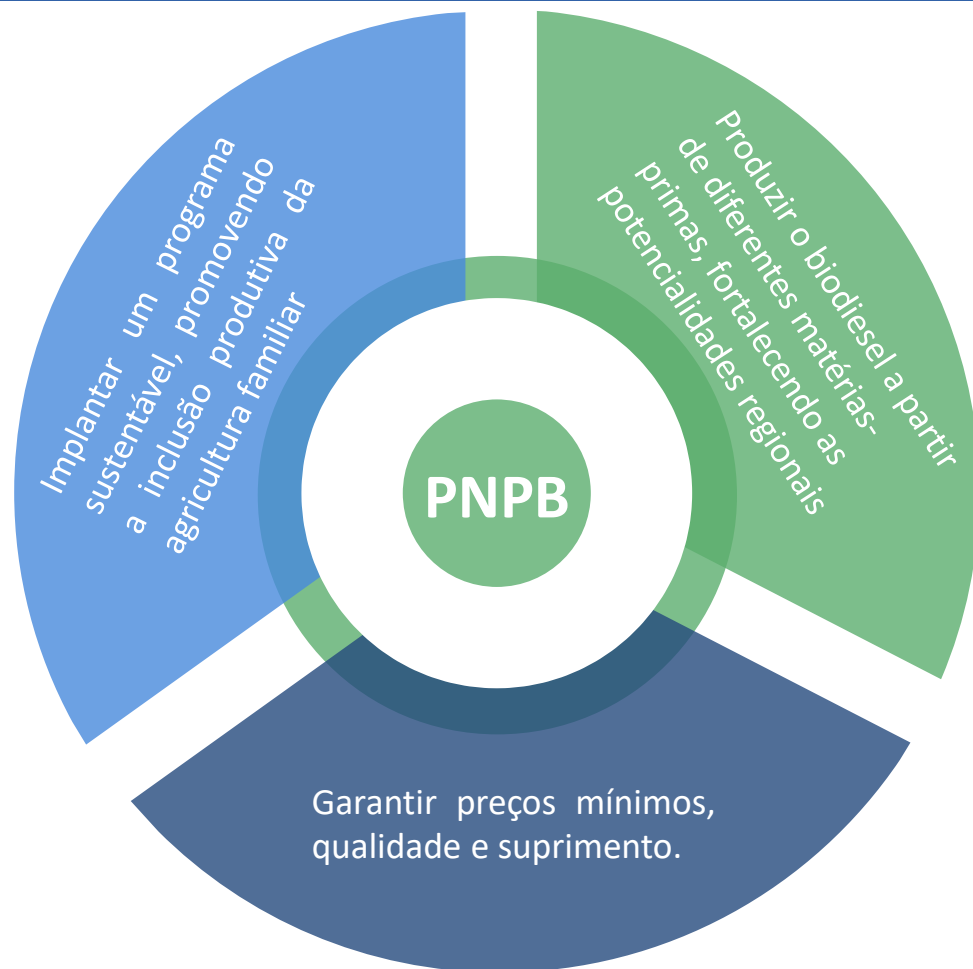
Biodiesel



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)



Em 2025 o PNPB completou 20 anos, contribuindo para:

- Fortalecimento da matriz energética **sustentável**;
- Aumento da **segurança energética**;
- Redução da importação de diesel fóssil;
- Estímulo à agricultura familiar, garantindo **renda**, apoiando a **inclusão social** das famílias produtoras e sua inserção na **economia formal**.

Uso obrigatório e voluntário

- Uso obrigatório do biodiesel na mistura com o diesel fóssil, em 15% a partir de 01/08/2025;
- A Lei do Combustível do Futuro fixa os percentuais obrigatórios de mistura do biodiesel no diesel B entre os limites de 13% e 25%;
- Possibilidade do uso voluntário em teor superior ao obrigatório (frotas cativas e usos ferroviário, agrícola, industrial e experimental).

Diversificação

- Visa a **diversificação** de **matérias-primas** e de **rotas tecnológicas**, fortalecendo as potencialidades regionais.
- Desempenha relevante papel no fomento e desenvolvimento da **agricultura familiar**, que é fonte de ocupação de **mão de obra no meio rural**, além do **abastecimento alimentar**.

Instituído pela Lei 11.097/2005, o PNPB se baseou em três pilares: o **social**, o **ambiental** e o **econômico**.

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 ocupam o segundo lugar, ultrapassando o sebo bovino. O óleo de fritura e o de palma vêm apresentando um leve crescimento;
- A matéria-prima corresponde a cerca de 80% do custo total do biodiesel. Estima-se que seu preço acompanhará os valores das *commodities*, em geral.
- 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.

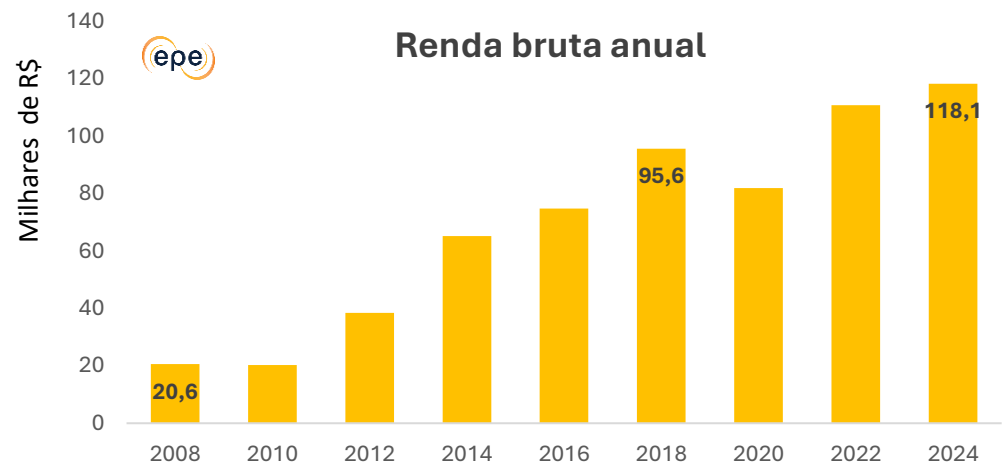
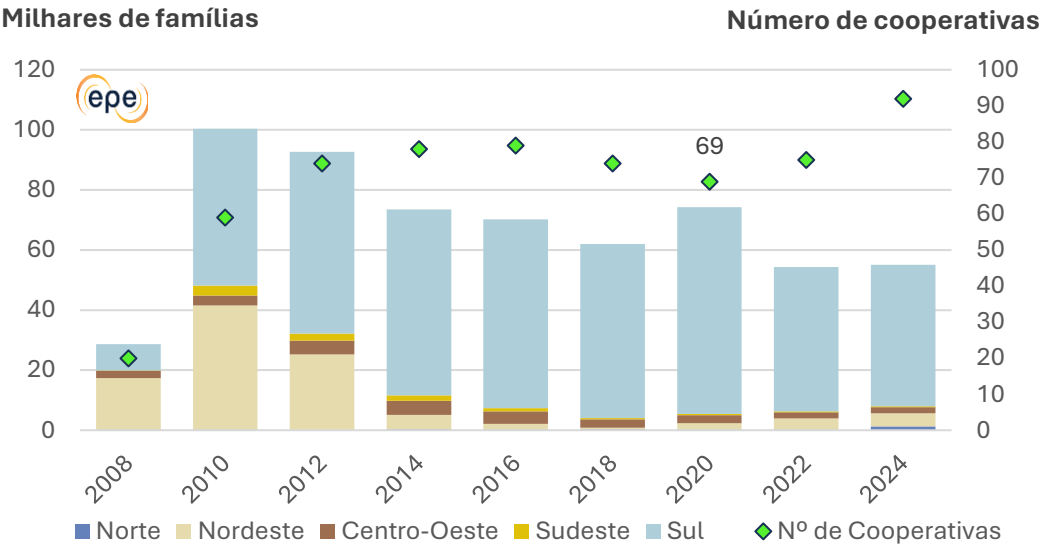
Resolução CNPE nº 1/2025 - Instituiu GT para estudar vias de **diversificar as matérias-primas** e **incluir agricultores familiares** e pequenos produtores na produção de biocombustíveis. Visa promover o **desenvolvimento regional**, principalmente no Norte, Nordeste e Semiárido, dentre outros.



Selo Biocombustível Social e agricultura familiar

- No mínimo 80% do volume total de biodiesel comercializado deve ser oriundo de unidades detentoras do SBS;
- Portaria Interministerial MME/MDA nº 03/2023 - mecanismos de incremento ao fomento e aquisições provenientes da Agricultura Familiar para o PNPB para as Regiões Norte, Nordeste e Semiárido;**
- Portaria MDA nº 28/2024 - critérios para concessão e manutenção do SBS, exigindo dos produtores de biodiesel uma comprovação anual de um nível mínimo de compras da agricultura familiar, além de abrir espaço para maior diversificação de matérias-primas e novos arranjos de inclusão social.**
- O arranjo PNPB tangencia diferentes **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU**, como **erradicação da fome**, melhoria na qualidade de vida, aumento de renda, redução de **desigualdade social**, desenvolvimento de uma **agricultura mais produtiva e sustentável**, além da produção de um **biocombustível renovável**, que contribui para a **mitigação de efeitos das mudanças climáticas**.

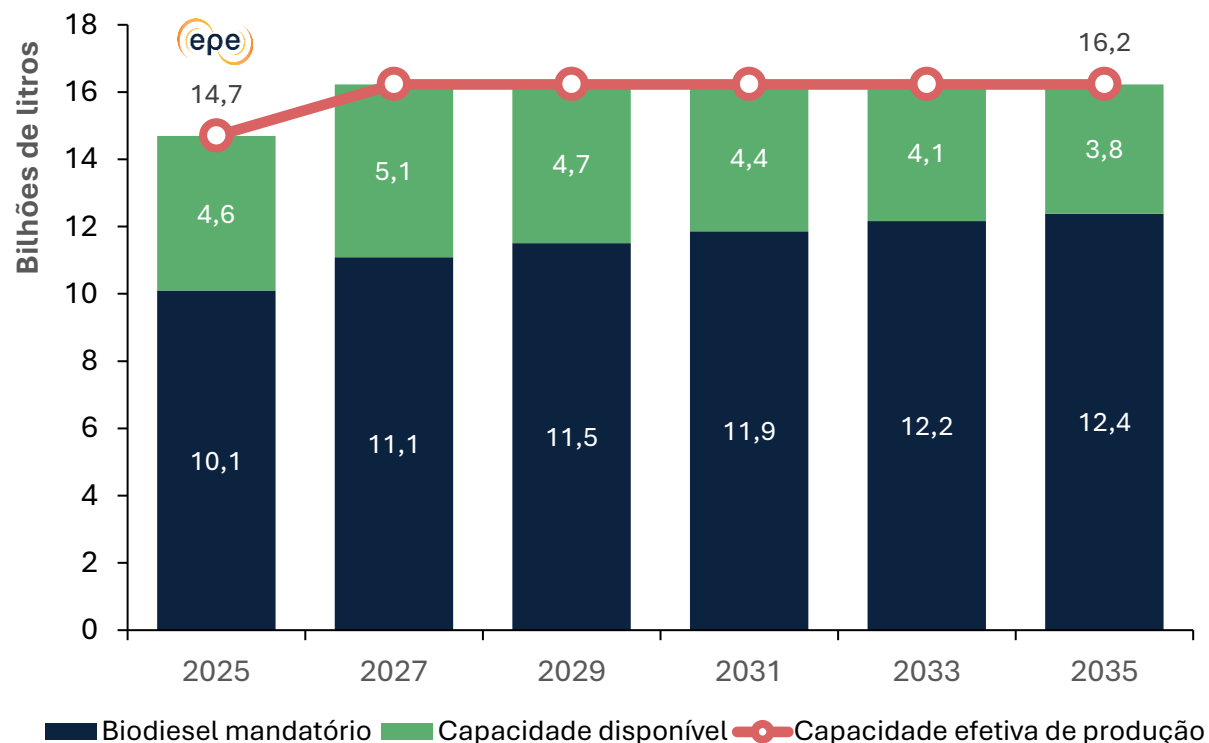
SBS (2024)	Número de cooperativas: 92
	Volume comercializado: R\$ 6,5 bilhões
	Volume comercializado: 2,8 milhões de toneladas
	Número de famílias: 55.128



Fonte: EPE a partir de MDA

Capacidade de produção de biodiesel

Projeção da disponibilidade de capacidade de produção de biodiesel



Nota: A demanda de biodiesel é referente ao mandatório vigente atualmente.

Fonte: Elaboração EPE

- 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 diesel fóssil, conforme estabelecido na legislação vigente;
- Essa capacidade gera excedente ao longo do período decenal, que poderá ser utilizada para atender demandas de outros setores, visando a redução de emissões de GEE, como um meio mais fácil de descarbonização a curto prazo:
- A Petrobras realizou testes com o VLS B24, *bunker* com 24% de biodiesel, no terminal de Rio Grande e no Porto de Singapura e já o disponibiliza para venda;
- Algumas empresas têm utilizado o biodiesel puro (B100) como substituto ao diesel fóssil, tanto em caminhões da frota própria como em embarcações fluviais.

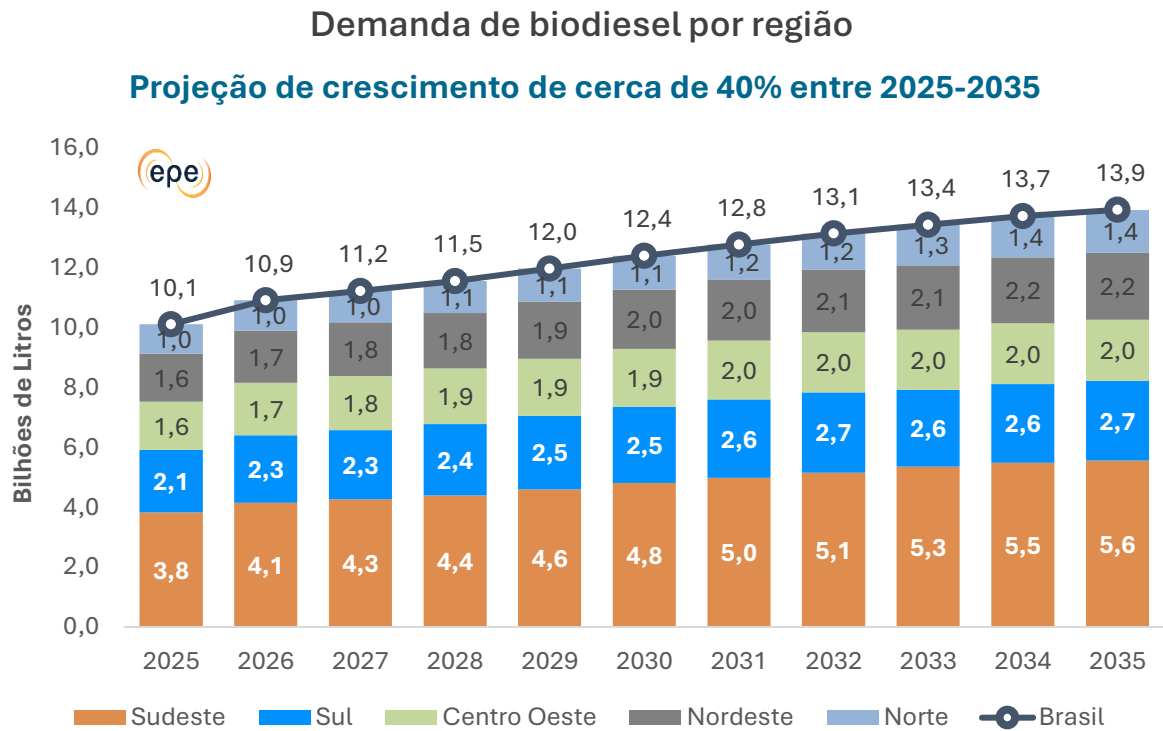
Oferta e demanda de biodiesel

- As Regiões Sul e Centro-Oeste lideram a produção, embora a demanda esteja mais concentrada na região Sudeste;
- A **Portaria MME/MDA nº 03/2023** estimula culturas adaptadas às Regiões Norte, Nordeste e Semiárido que podem aumentar suas produções, promovendo o desenvolvimento regional e a redução das desigualdades.

2035 Milhões de litros					
Região	Capacidade Efetiva	Consumo Obrigatório	Balanço	Consumo Total	Balanço
Norte	924	1.389	-465	1.431	-507
Nordeste	1.258	2.127	-869	2.234	-976
Centro-Oeste	6.790	2.043	4.747	2.043	4.747
Sul	6.184	2.408	3.776	2.653	3.531
Sudeste	1.073	4.836	-3.763	5.555	-4.482
Brasil	16.228	12.803	3.425	13.916	2.312

Nota: Foi considerado um fator de utilização de 92%; a capacidade efetiva de produção é de 16,2 bilhões de litros em 2035.

- Os percentuais **mandatórios** de biodiesel acarretam em uma demanda projetada de **12,4 bilhões de litros** em 2035. Com a **adição no transporte aquaviário**, a **demand**a do biocombustível **totaliza 13,9 bilhões de litros em 2035**.



Nota: Inclui biodiesel para o setor aquaviário (hidroviário e *bunker* doméstico e internacional)
Fonte: Elaboração EPE

Análise de sensibilidade da mistura BX

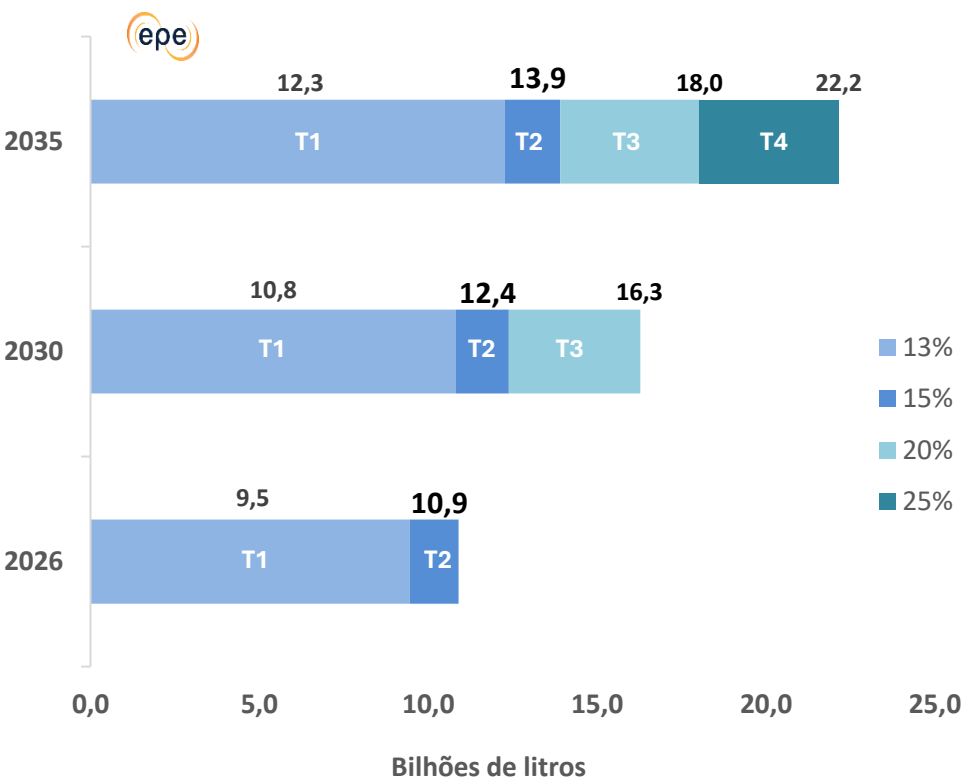
Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)

- 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 1:** Percentual de mistura permanece em 13% em todo o período;
 - TRAJETÓRIA 2:** Percentual de mistura permanece em 15% em todo o período;
 - TRAJETÓRIA 3:** Percentual de mistura partindo de 15% e aumentando 1% ao ano até atingir 20% em 2030, permanecendo neste percentual até 2035;
 - TRAJETÓRIA 4:** Percentual de mistura partindo de 15% e aumentando 1% ao ano até atingir 25% em 2035.

Trajetórias para a demanda de biodiesel



Nota 1: Inclui biodiesel para o setor aquaviário (hidroviário e Bunker doméstico e internacional)
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 produto oriundo destes processos físico-químicos poderá compor a mistura do óleo diesel B.
- Existem iniciativas para produção de SAF e Diesel Verde utilizando matérias-primas conhecidas, como o óleo de soja, e, ainda, com perspectiva para utilizar óleo de palma e óleo de macaúba.
- A Lei 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 hidrotreatamento (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.



Fonte: Freepik

Combustíveis Sustentáveis de Aviação

Sustainable Aviation Fuel (SAF)

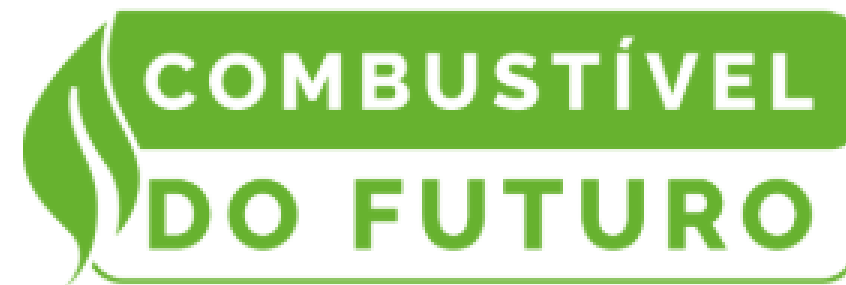
Iniciativas internacional e nacional - SAF



ICAO

CORSIA

- Para reduzir as emissões do setor, 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;
- O CORSIA (*Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*) é um mecanismo de mercado concebido para apoiar esse processo.
 - As emissões internacionais acima dos níveis observados na linha de base¹ deverão ser compensadas com créditos de carbono ou através do uso de combustíveis elegíveis ao CORSIA, em especial os SAF;
 - Estima-se que a substituição do QAV fóssil por SAF contribuirá para o atingimento de 65% da meta Net Zero 2050².
- O CORSIA entra em fase obrigatória para os países signatários, inclusive para o Brasil, a partir de 2027.

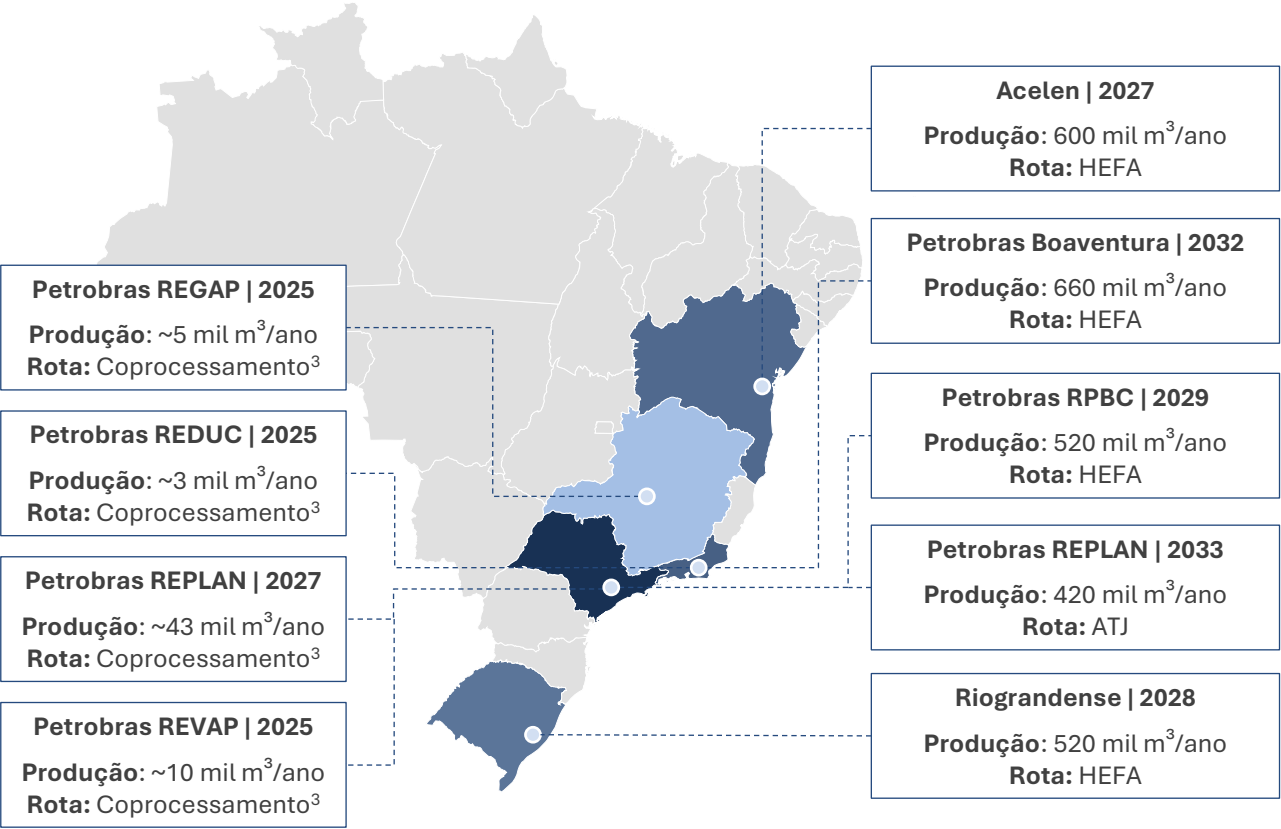


- A Lei do Combustível do Futuro instituiu o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação – ProBioQAV³, cujo objetivo inclui o incentivo à produção e ao consumo do SAF para reduzir as emissões de gases de efeito estufa dos voos domésticos;
- O ProBioQAV utilizará a análise de ciclo de vida (ACV) do poço-à-queima para contabilizar as emissões de cada rota de produção de SAF;
- São definidas metas anuais de redução de emissões a serem atendidas pelos operadores domésticos por meio do uso de SAF. O percentual de redução de emissões proposto se inicia em 1% em 2027 e chega a 10% em 2037;
- Meios alternativos de cumprimento das metas poderão ser admitidos conforme regulamento⁴.

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](#); 4 – Até a publicação deste documento o ProBioQAV se encontrava em fase de regulamentação.

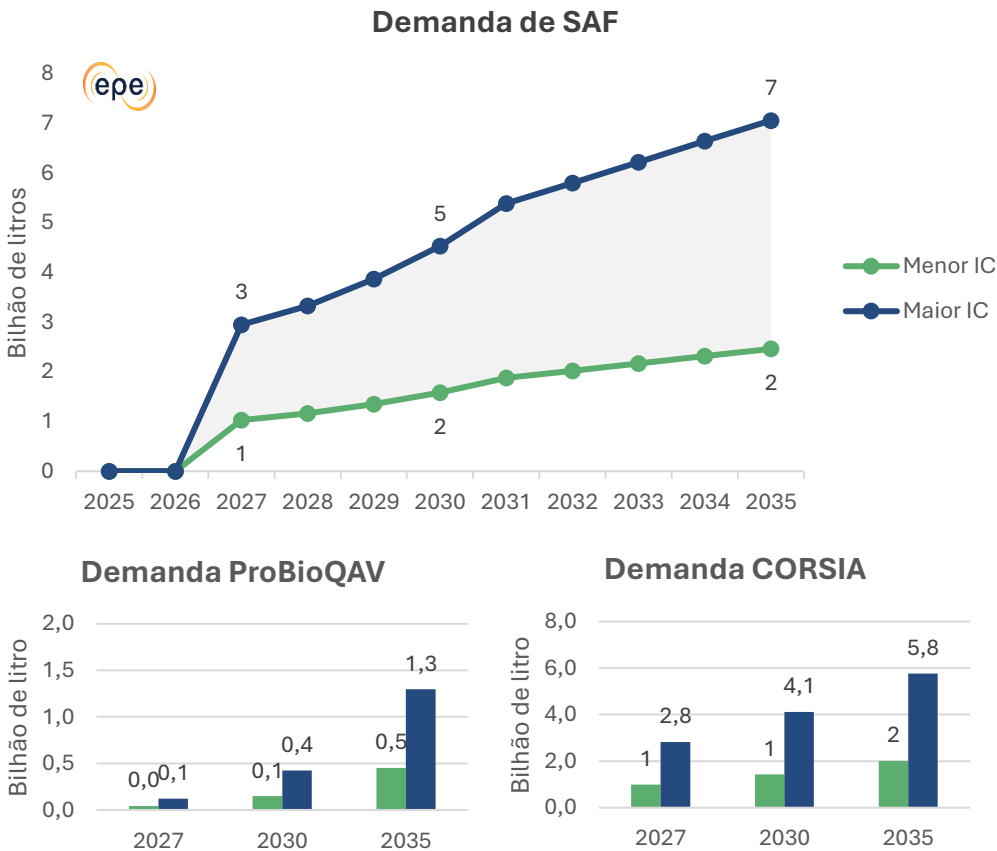
Oferta e demanda de SAF no Brasil

- Projetos anunciados¹ em escala comercial totalizam a oferta de **1,7 bilhão de litros de SAF por ano a partir de 2030 e alcançam cerca de 2,8 bilhões de litros em 2035.**²



Notas: 1 - Foram considerados os projetos anunciados e confirmados pelas empresas em contatos realizados para elaboração deste documento; 2 - A capacidade nominal dos projetos foi ponderada com base em um fator de utilização efetiva do refino e modo de operação que maximiza a produção de SAF, conforme detalhado no Relatório do PDE 2035. 3 - Nos projetos que utilizam a rota de coprocessamento foi considerada apenas a parcela renovável do combustível.

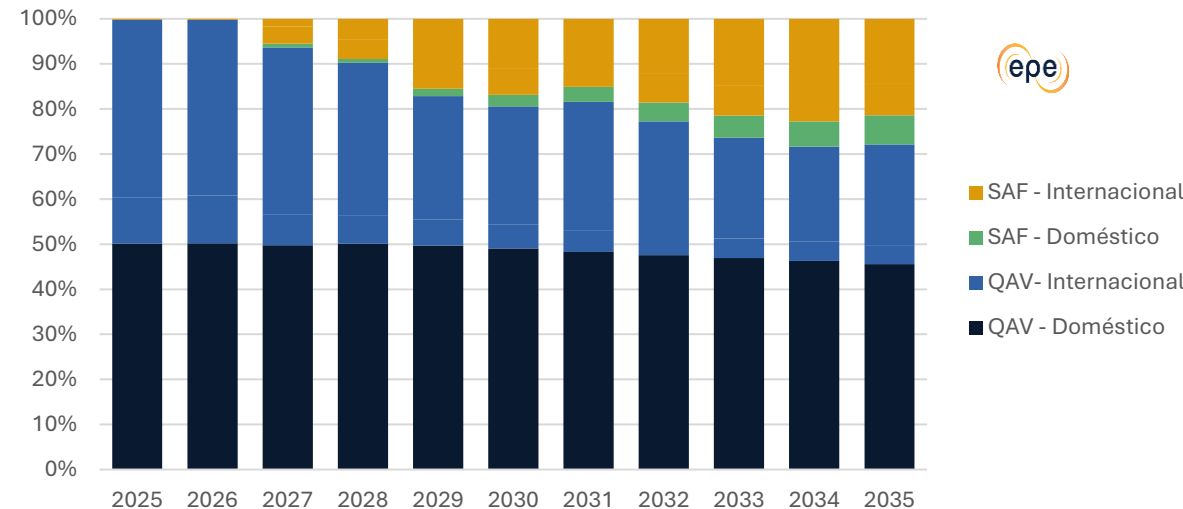
- A demanda volumétrica de SAF irá variar de acordo com a intensidade de carbono (IC) do combustível produzido, pois as metas são em termos de redução de emissões.



Fonte: Elaboração EPE

Projetos de SAF anunciados

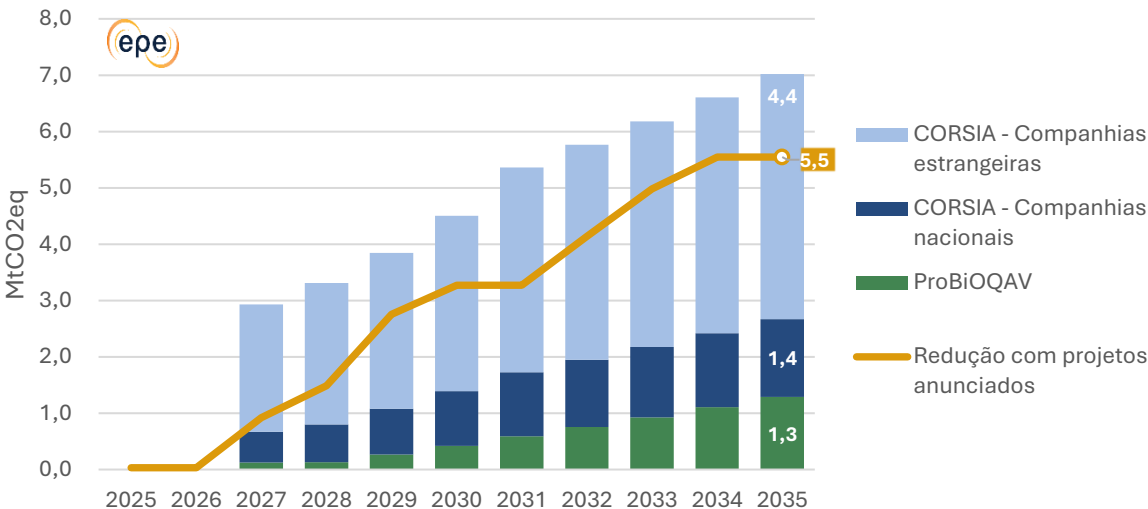
Participação do SAF no atendimento à demanda por categoria



Fonte: Elaboração EPE

- A capacidade estimada dos projetos anunciados representa, em média, 20% da demanda projetada de combustível de aviação entre 2027 e 2035.
- A **participação** ultrapassa 20% em 2032 e chega até **28% em 2035**, quando todos os projetos anunciados terão entrado em operação.
- No gráfico, priorizou-se a utilização do SAF para atender à meta do ProBioQAV, sendo o volume excedente direcionado para atender às metas do CORSIA.

Atendimento às metas de redução de emissões

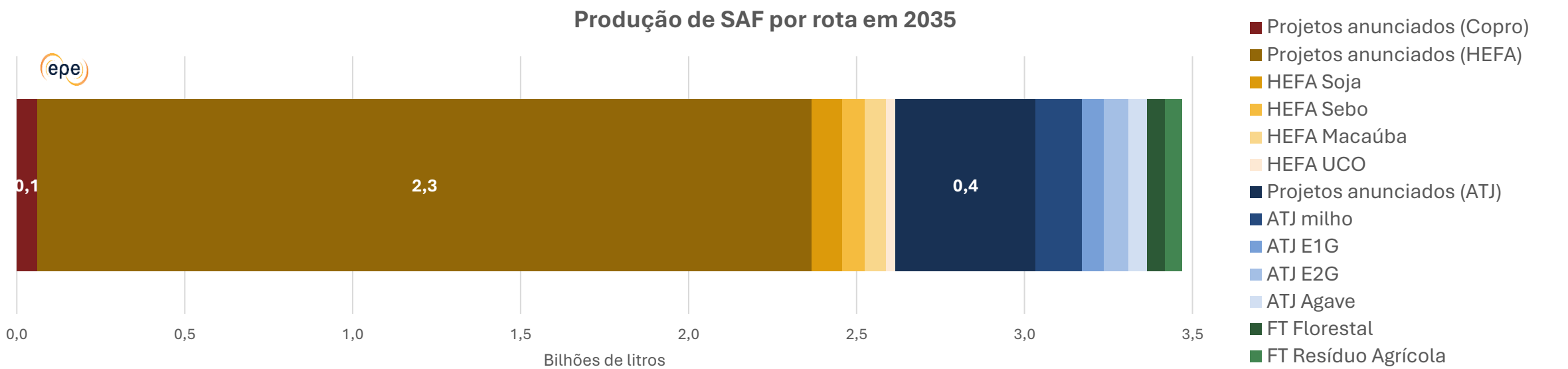


Fonte: Elaboração EPE

- **Entre 2027¹ e 2035**, os projetos anunciados atendem, **em média**, cerca de **66% das metas** de redução de emissões **de GEE** definidas pelo CORSIA e ProBioQAV.
- Considerando apenas o ProBioQAV, os projetos anunciados são suficientes para atender as metas estabelecidas no horizonte decenal.

Nota: 1 – As metas do ProBioQAV e CORSIA se tornam obrigatórias a partir de 2027.

Outros projetos de SAF serão necessários para o atendimento integral das metas



- A ponderação de diferentes critérios* indica uma **possível composição** de rotas de produção de SAF com foco em atingir as metas de redução de emissões do setor e diversificar matérias-primas. Nesse cenário, projeta-se a produção de **aproximadamente 3,5 bilhões de litros de SAF em 2035**.
- A diversificação de matérias-primas para produção de biocombustíveis ainda requer investimentos para alcançar escala. Contudo, este pode ser um importante vetor de desenvolvimento regional, recuperação de pastagens degradadas e geração de emprego e renda.
- Com essa composição, o **SAF representaria cerca de 35% da demanda de combustível de aviação no Brasil em 2035**.

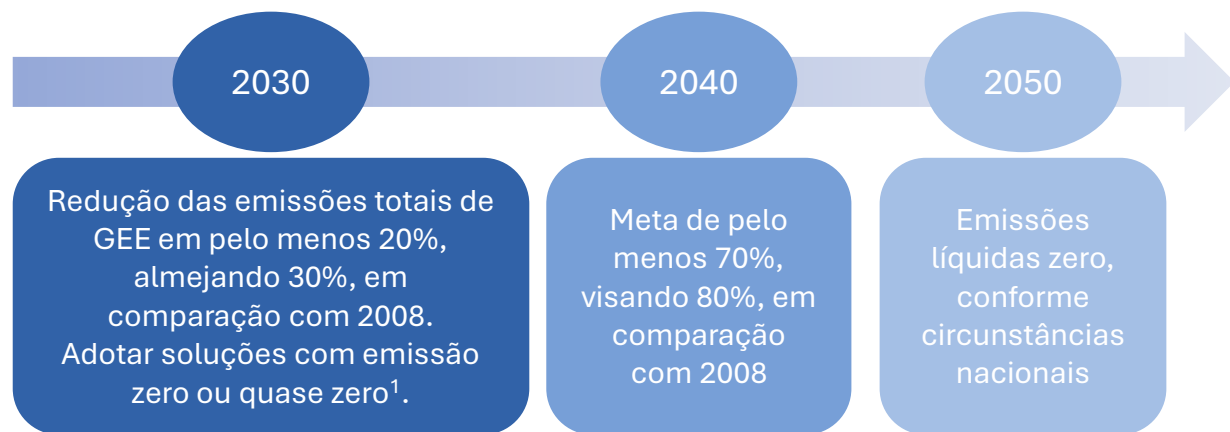
Nota: Para maiores detalhes acessar [Caderno de Combustíveis Sustentáveis de Aviação no Brasil – Perspectivas Futuras](#)

Inovações e perspectivas emergentes

Biocombustíveis para uso aquaviário



A estratégia da Organização Marítima Internacional define:



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

Principais alinhamentos na MEPC83*/2025:

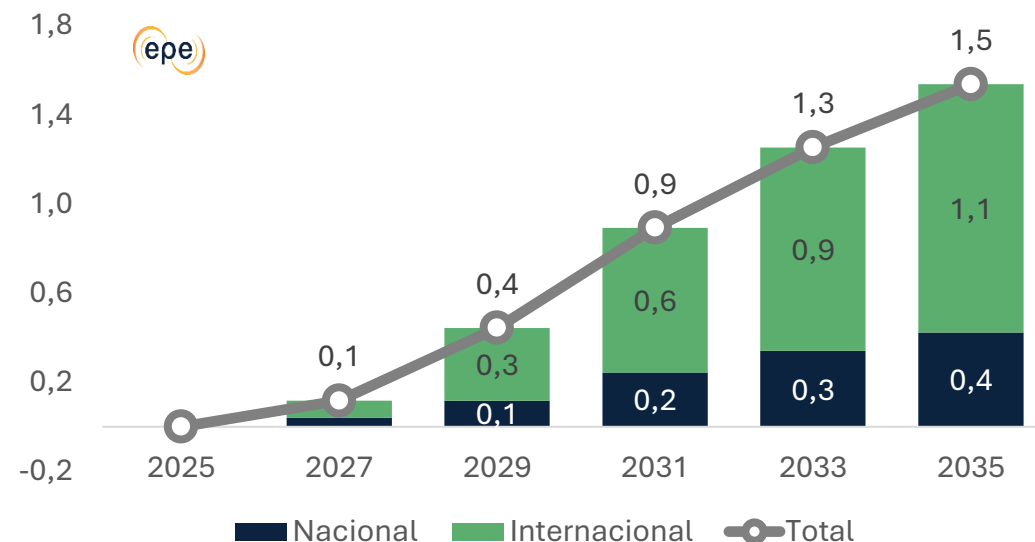
- Aprovação do padrão de combustível com GHG *fuel intensity* (GFI) e mecanismo de precificação de carbono.
- Criação de um IMO *Net-Zero Fund* para incentivar navios de baixa emissão, apoiar países em desenvolvimento e financiar pesquisa/inovação.

*MEPC = Marine Environment Protection Committee

■ Biocombustíveis configuram-se como uma alternativa para atender às metas:

- Etanol: Possibilidade de aproveitar adaptações e estudos feitos para uso de metanol em navios;
- Biodiesel: Não há necessidade de adaptações estruturais nas embarcações.

Projeção da demanda de biodiesel para uso aquaviário²



Nota 2: Aquaviário corresponde às demandas: hidroviária e *bunker* (doméstico e internacional)
Fonte: Elaboração EPE

- Em 2035, a demanda de biodiesel para uso aquaviário poderá alcançar 1,5 bilhão de litros, sendo **1,1 bilhão de litros para navegação internacional**.
- Caso o **percentual** obrigatório de **biodiesel no diesel B** seja alterado para **20%**, a **capacidade produtiva suportará** a demanda estimada para uso aquaviário **até 2033**³.
- Na hipótese do **mandatário** chegar a **25%** em 2035, há capacidade de atender a demanda marítima **até 2030**³.

³Nota: Trajetórias descritas no slide 31. A indústria do biodiesel possui maturidade e agilidade para responder a incrementos de demandas.

Captura e armazenamento geológico do dióxido de carbono biogênico (bio-CCS)

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 pureza*, 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:

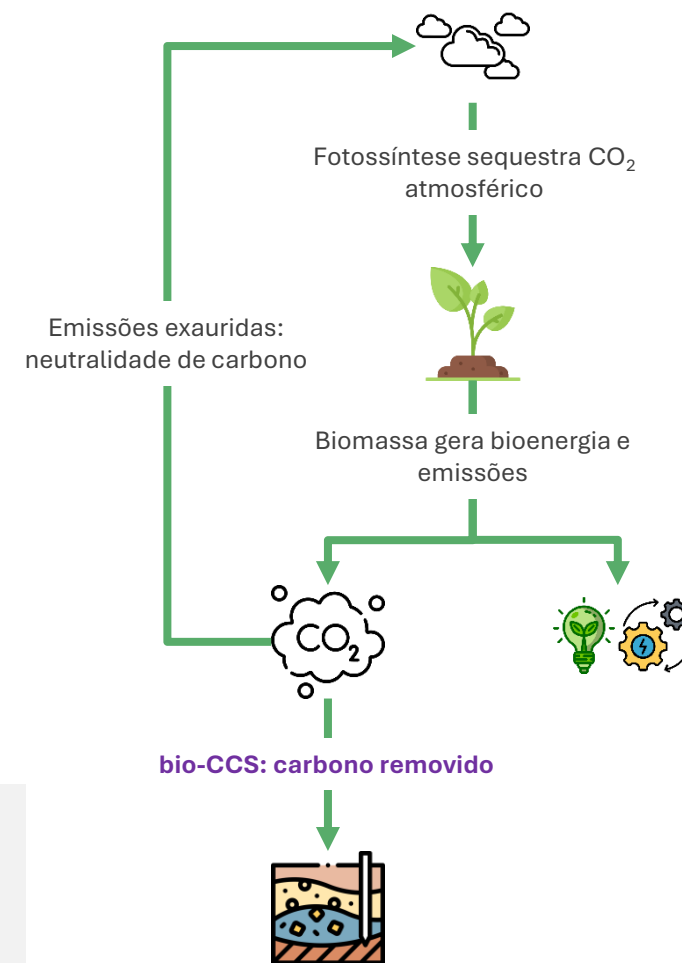
- **Fermentação alcoólica:** a produção de etanol gera CO₂ de alta pureza como coproduto da fermentação, uma das oportunidades mais imediatas e custo-efetivas de bio-CCS;
- Em 2024, foram produzidos aproximadamente 27 milhões de toneladas de CO₂ durante a fermentação, podendo chegar a 35 milhões de toneladas de CO₂ / ano em 2035;
 - 61% da produção de 2024 foi proveniente de grandes usinas (capacidade instalada superior a 200.000 m³ etanol / ano), mais aptas a realizar investimentos robustos;
- **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 marco regulatório da atividade de CCS ao introduzir definições legais e regulatórias para a cadeia, como a ANP como agência reguladora e fiscalizadora.



A Política Nacional de Biocombustíveis auxilia a implementação de bio-CCS ao prever bônus de até 20% à NEEA de biocombustíveis com emissões negativas.



* Altas purezas eliminam a necessidade de investimentos em captura, aumentando a atratividade de projetos.

Ícones: flaticon.com

Hidrogênio de baixa emissão de carbono – Oportunidades para a biomassa

Marcos da estratégia brasileira

2024

Lei nº 14.948

- Marco Legal do Hidrogênio de Baixa Emissão
- Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão, tendo o PNH2 como instrumento

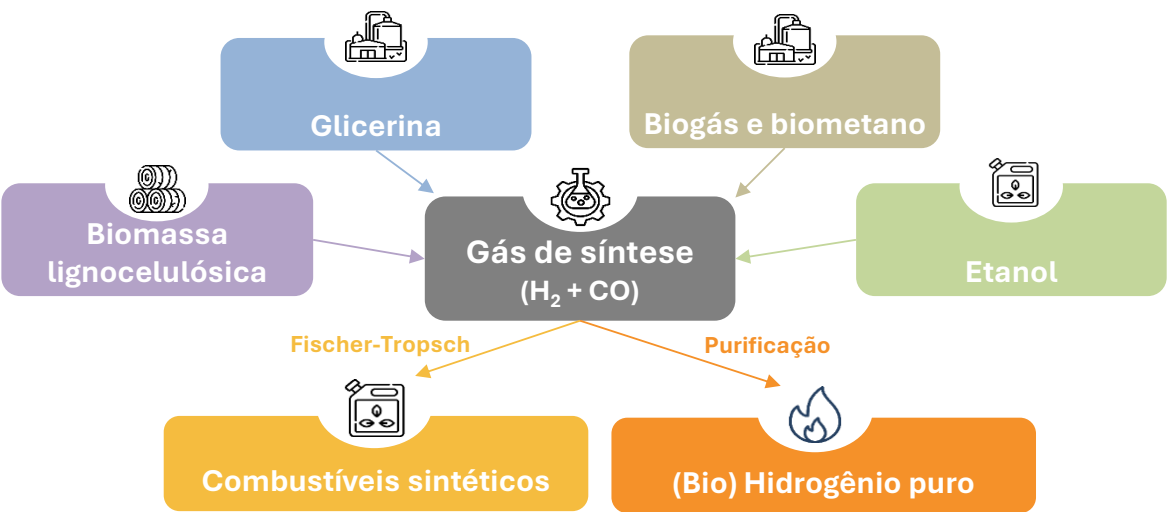
2030

Consolidar o Brasil como o mais competitivo produtor de hidrogênio de baixo carbono do mundo

2035

Consolidar hubs de hidrogênio de baixo carbono no Brasil

- Intensidade de Carbono (IC) máxima definida para Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono: **7 kgCO₂eq / kgH₂**
- **O biohidrogênio, produzido a partir da biomassa**, se destaca por tipicamente apresentar **IC inferior ao limite estabelecido**, podendo usufruir dos benefícios regulatórios.



Para além da produção de biohidrogênio, existem **oportunidades** que surgem com o avanço de novos bioenergéticos (**SAF, diesel verde**) e aumento da produção interna de insumos atualmente importados (**fertilizantes e metanol**), permitindo a criação de uma **demanda firme e significativa** para o hidrogênio de baixa emissão em hubs associados à bioenergia, estabelecendo uma relação de **fortalecimento mútuo** entre as cadeias.



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

Combustíveis sintéticos

São hidrocarbonetos produzidos por processos termoquímicos e catalíticos, que mimetizam combustíveis fósseis, e podem ser usados nos sistemas já existentes sem adaptação (*drop-in*). Podem ser classificados em dois conjuntos dependendo da rota de produção adotada*:

- **Biocombustíveis sintéticos: conversão da biomassa** com geração do gás de síntese, seguida por reação de **Fischer-Tropsch** e **obtenção de combustíveis líquidos** como gasolina, diesel e querosene sintéticos. Tem a vantagem única de oferecer o H_2 e o carbono biogênico centralizados em um mesmo processo integrado;
- **Eletrocombustíveis (*e-fuels*): combinação do hidrogênio eletrolítico a uma fonte de carbono, tipicamente o CO_2** . Nesse caso, 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.

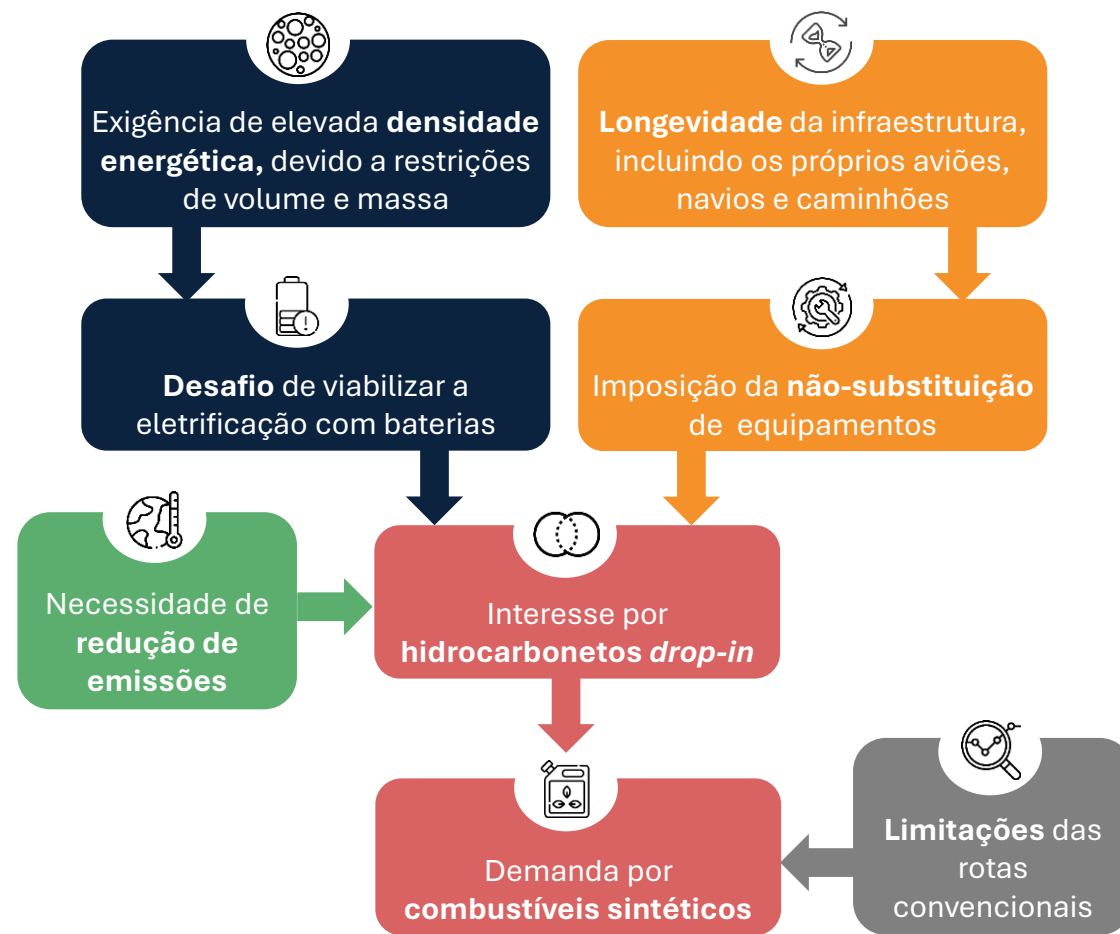
O Brasil tem recursos para desenvolver ambas as rotas, além dos biocombustíveis tradicionais e avançados. Países com menor disponibilidade de biomassa tendem a focar nos *e-fuels* para as trajetórias de descarbonização.



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

*Nesse item não serão abordados os combustíveis com rotas já consolidadas e/ou contempladas em itens anteriores deste caderno, como HEFA e ATJ.

Os combustíveis sintéticos na agenda dos transportes aéreo, marítimo e rodoviário de longa distância



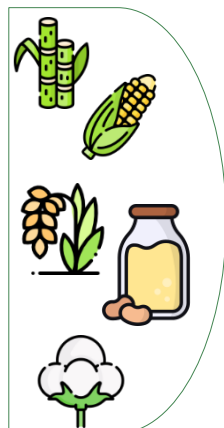
 Para saber mais: [Combustíveis Sintéticos \(EPE, 2023\)](#)

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:



Fonte: Flaticon

- 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 (*dried distillers 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**;
- Biomassa lignocelulósica (cascas, pontas, bagaço) já estão envolvidas na geração de bioeletricidade e podem ser utilizadas para obtenção de gás de síntese e produção de **combustíveis sintéticos**.

- 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 biomassa para a geração de energia de processos para a produção de etanol de milho e outros cereais é um ponto de monitoramento.



Nota 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 Sucroenergéticas¹

Projetos: **1 projeto 280 milhões de litros**
Expansões: 2,5 bilhões litros

Investimento: **R\$ 10,9 bilhões**

Etanol de Milho e outros cereais

Projetos: **Greenfields e Brownfields:**
6,7 bilhões de litros

Investimento: **R\$ 17,8 bilhões**

Formação de Canavial²

Estimativa: **687 Mtc entre 2025 e 2035**

Investimento: **R\$ 28 bilhões**

2G Unidades de Segunda Geração

Projetos: **11 Greenfields: 1 bilhão de litros**

Investimento: **R\$ 15 bilhões**

Biometano³

Projetos: **37 unidades (1,5 milhões Nm³/dia)**

Investimento: **R\$ 5,4 bilhões**

Bio-CCS

Projetos: **1 projeto inicial**

Investimento: **R\$ 0,1 bilhão**

SAF/HVO

Projetos: **Projetos somam 4,4 bilhões de litros/ano**

Investimento: **R\$ 27,9 bilhões**

Biodiesel

7 unidades novas e 7 ampliações
Projetos: (2,3 bilhão de litros/ano de capacidade)
10 unidades de esmagamento de soja
(14,6 milhões de toneladas / ano)

Investimento: **R\$ 9,9 bilhões**
(com processamento de soja)

Nota: Não são considerados investimentos em distribuição e comercialização de biocombustíveis, nem os custos de operação e manutenção.

¹Expansões autorizadas são aquelas indicadas pela ANP

² Investimentos em formação do canavial para açúcar adicionam R\$ 25,2 bilhões.

³ RSU, agrossilvopastoris e comerciais e resíduos da cana.

Investimentos estimados para o setor de biocombustíveis no Brasil: 2025-2035



R\$ 115 bilhões

Considerações finais

Considerações finais

Os biocombustíveis continuarão a ter participação relevante na matriz energética brasileira no horizonte decenal. Somada ao RenovaBio, a promulgação da 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 mais de 30% 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 a partir do bagaço da cana segue contribuindo para renovabilidade da matriz elétrica nacional e para a complementariedade 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 do setor sucroenergético (vinhaça e torta de filtro) terá uma maior inserção na matriz energética, podendo ser destinado à geração elétrica e, com a purificação para biometano, à substituição ao diesel e em mistura com o gás natural fóssil, nas malhas de gasodutos. Também existe um potencial para o aproveitamento das palhas e pontas.

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 catalisar a geração de emprego e interiorização de 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 de produção de SAF e diesel verde, a partir de diversas rotas e matérias-primas, e da produção de hidrogênio de biomassa. O biodiesel e o etanol poderão ser utilizados em combustíveis marítimos. Existe ainda a possibilidade de uso de diesel coprocessado na mistura do 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 2035

Clique [aqui](#) e acesse todos os estudos do PDE 2035



Siga a EPE nas redes sociais e mídias digitais:



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

