

ANÁLISE DA CADEIA LOGÍSTICA DE ETANOL COMBUSTÍVEL NO BRASIL: UMA ABORDAGEM NAS ATIVIDADES DE TRANSPORTE E ARMAZENAGEM

Daniela Bacchi Bartholomeu¹, Fernando Pauli de Bastiani², Alexandre Bidinotti³, Sarah Barbosa Tosi⁴, Gabriel Morais Oliveira⁵, Thiago Guilherme Péra⁶

¹. Doutora em Economia Aplicada, Universidade de São Paulo (USP), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba, São Paulo, Brasil, daniela.bartholomeu@alumni.usp.br.

². Mestre em Engenharia de Sistemas Logísticos, Universidade de São Paulo (USP), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba, São Paulo, Brasil, fernando.bastiani@esalqlog.esalq.usp.br.

³. Economista, Universidade de São Paulo (USP), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba, São Paulo, Brasil, alexandrebidinotti@usp.br.

⁴. Mestra em Administração, Universidade de São Paulo (USP), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba, São Paulo, Brasil, s.bds@usp.br.

⁵. Graduando em Engenharia Agrônoma, Universidade de São Paulo (USP), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba, São Paulo, Brasil, gabriel.morais-oliveira@usp.br.

⁶. Doutor em Economia Aplicada, Mestre em Eng. de Sistemas Logísticos. Eng. Agrônomo, Universidade de São Paulo (USP), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba, São Paulo, Brasil, thiago.pera@usp.br

RESUMO

Objetivos: analisar a organização da cadeia logística do etanol combustível no Brasil, com ênfase no transporte, na armazenagem e nos fluxos de distribuição entre regiões produtoras e mercados consumidores. **Método:** pesquisa descritiva e exploratória, de abordagem qualitativa, baseada em dados secundários institucionais e literatura especializada. **Resultados:** a movimentação do etanol permanece fortemente dependente do modal rodoviário, embora se observe uso crescente de soluções intermodais por ferrovias, dutovias, hidrovias e cabotagem; as empresas comercializadoras exercem papel relevante na coordenação da cadeia, atuando na consolidação de cargas, na gestão de estoques e na intermediação entre produtores e distribuidores; e o aproveitamento apenas parcial de créditos tributários federais incidentes sobre despesas de transporte e armazenagem eleva os custos logísticos. **Conclusões:** a configuração logística atual limita a eficiência econômica da cadeia e a competitividade do biocombustível na matriz energética, indicando necessidade de diversificação modal e de revisão do tratamento tributário dos serviços logísticos.

Palavras-chave: etanol; logística de biocombustíveis; transporte; armazenagem; cadeia de suprimentos.

ABSTRACT

Objectives: to analyze the organization of the fuel ethanol logistics chain in Brazil, focusing on transport, storage, and distribution flows between producing regions and consumer markets. **Method:** descriptive and exploratory research with a qualitative approach, based on secondary institutional data and specialized literature. **Results:** ethanol movement remains heavily dependent on road transport, although intermodal solutions involving rail, pipelines, inland waterways, and coastal shipping are increasingly used; trading companies play a relevant coordinating role in the chain, consolidating cargo, managing inventories, and intermediating between producers and distributors; and the only partial recovery of federal tax credits levied on transport and storage expenses raises logistics costs. **Conclusions:** the current logistics configuration limits the economic efficiency of the chain and the competitiveness of the biofuel in the energy matrix, indicating the need for greater modal diversification and for a review of the tax treatment applied to logistics services.

Keywords: ethanol; biofuel supply chain; transportation; storage; energy logistics.

1. INTRODUÇÃO

O etanol é um biocombustível obtido a partir da fermentação de açúcares presentes em matérias-primas vegetais, como cana-de-açúcar e milho (ANP, 2020). No Brasil, sua produção está historicamente associada à cana-de-açúcar, cultura de elevada relevância econômica e social para o desenvolvimento nacional. O país destaca-se como o maior produtor e exportador mundial de açúcar e o segundo maior produtor e exportador de etanol, atrás apenas dos Estados Unidos (USDA, 2025). Nos últimos anos, a produção de etanol de milho também tem ganhado relevância, sobretudo na região Centro-Oeste, impulsionada pela proximidade com importantes polos produtores de grãos e pela expansão de plantas industriais integradas à produção de etanol e ração animal (Noel, 2019).

O etanol pode ser comercializado nas formas anidro e hidratado. O etanol anidro é utilizado na mistura com gasolina, cuja proporção vigente no Brasil é de 30%, resultando na gasolina E30, enquanto o etanol hidratado pode ser utilizado diretamente como combustível em veículos do ciclo Otto (UNICA, s.d.). A expansão do uso do etanol no país foi fortemente impulsionada pela criação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) na década de 1970, como resposta à crise do petróleo, e posteriormente pela difusão dos veículos flex fuel nos anos 2000, que ampliaram significativamente a demanda interna pelo biocombustível.

Além de contribuir para a segurança energética, o etanol apresenta vantagens ambientais relevantes, uma vez que suas emissões de gases de efeito estufa são inferiores às da gasolina para um mesmo trajeto (UDOP, 2023). O setor sucroenergético também se destaca pelo aproveitamento de subprodutos, como a vinhaça utilizada como fertilizante e o bagaço da cana empregado na geração de energia

elétrica nas próprias usinas (Strapasson, 2006). Políticas públicas recentes, como o RenovaBio e a Lei do Combustível do Futuro, reforçam o papel estratégico do etanol na matriz energética brasileira e na transição para uma economia de baixo carbono.

Apesar da relevância econômica e ambiental do biocombustível, a logística de distribuição do etanol enfrenta desafios significativos no Brasil. A dimensão territorial do país exige o transporte do produto entre regiões produtoras e mercados consumidores frequentemente distantes, o que demanda infraestrutura logística eficiente e integrada. Nesse contexto, a predominância do transporte rodoviário, mesmo em rotas de longa distância, pode elevar custos logísticos e limitar a eficiência da cadeia. A necessidade de integração entre diferentes modos de transporte e estruturas de armazenagem também requer elevados investimentos e coordenação logística entre os agentes envolvidos (Milanez, 2010).

Diante desse cenário, este artigo analisa os principais fluxos logísticos do etanol no Brasil, com ênfase nas atividades de transporte e armazenagem. O estudo também discute o papel dos agentes envolvidos na cadeia logística do biocombustível, especialmente das comercializadoras, além de abordar os impactos da tributação e da impossibilidade de aproveitamento de créditos de PIS/COFINS sobre os serviços de transporte e armazenagem na formação de preços do etanol e seus reflexos ao longo da cadeia produtiva e para o consumidor final.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza descritiva e exploratória, com abordagem predominantemente qualitativa, complementada por informações quantitativas provenientes de

bases estatísticas do setor energético e agroindustrial. O objetivo central consiste em analisar a organização da cadeia logística do etanol combustível no Brasil, com ênfase nas atividades de transporte e armazenagem e nos fluxos de distribuição entre regiões produtoras e mercados consumidores.

A área de estudo compreende o território brasileiro, considerando as principais regiões produtoras e consumidoras de etanol. A produção nacional encontra-se concentrada principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, onde se localiza a maior parte das usinas sucroenergéticas responsáveis pela produção de etanol a partir da cana-de-açúcar e, mais recentemente, do milho. Por outro lado, o consumo do biocombustível apresenta distribuição espacial mais ampla, abrangendo diferentes regiões do país, o que exige o deslocamento do produto por longas distâncias até os centros de demanda.

Nesse contexto, a análise contempla os principais fluxos logísticos do etanol desde as unidades produtoras até as bases de distribuição e os mercados consumidores finais. A investigação considera a participação dos diferentes modos de transporte utilizados no escoamento do biocombustível: rodoviário, ferroviário, dutoviário, hidroviário e cabotagem, bem como as estruturas de armazenagem presentes ao longo da cadeia logística, incluindo tanques nas usinas, terminais logísticos e bases de distribuição.

2.1 Fontes de dados

A pesquisa foi desenvolvida com base em dados secundários, provenientes de fontes institucionais, bases estatísticas oficiais e literatura especializada sobre o setor sucroenergético e a logística de biocombustíveis.

Entre as principais fontes de dados utilizadas

destacam-se informações disponibilizadas por órgãos governamentais e entidades representativas do setor, como a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), a União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia (UNICA), a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), o Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), por meio da base ComexStat, além de dados provenientes de publicações técnicas, estudos setoriais e artigos acadêmicos relacionados à cadeia produtiva do etanol. A partir dessas fontes, foram obtidas informações relativas à produção, consumo e exportação do biocombustível, bem como dados de capacidade de armazenagem e movimentação de etanol, cruciais para as análises de infraestrutura logística, distribuição e participação modal no transporte de etanol, capacidade de armazenagem e fluxos de distribuição do etanol no território nacional. Adicionalmente, foram consultados documentos institucionais e relatórios técnicos que abordam aspectos regulatórios e tributários associados à comercialização e à logística do combustível.

2.2 Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos adotados envolveram três etapas principais: levantamento bibliográfico e documental, sistematização das informações logísticas e análise da cadeia de distribuição do etanol.

Na primeira etapa, foi realizada uma revisão bibliográfica e documental sobre o setor sucroenergético brasileiro, com o objetivo de contextualizar a relevância econômica, energética e ambiental do etanol no país. Essa etapa incluiu a análise de publicações acadêmicas, relatórios institucionais e estudos técnicos relacionados à produção de biocombustíveis, à logística de transporte

e à organização da cadeia de distribuição do etanol.

Na segunda etapa, procedeu-se à sistematização das informações referentes aos fluxos logísticos do etanol, com base nos dados coletados nas diferentes fontes consultadas. Foram identificados os principais agentes envolvidos na cadeia de abastecimento do biocombustível, incluindo produtores, comercializadoras, distribuidores e operadores logísticos, bem como as funções desempenhadas por cada um desses atores na movimentação do produto ao longo da cadeia.

Na terceira etapa, foi realizada uma análise descritiva da infraestrutura logística utilizada no escoamento do etanol, considerando as características e a participação relativa dos diferentes modais de transporte empregados no deslocamento do combustível entre regiões produtoras e mercados consumidores. Também foram analisadas as estruturas de armazenagem presentes ao longo da cadeia logística e sua importância para a consolidação, estocagem e redistribuição do produto.

Por fim, foram discutidos aspectos institucionais e regulatórios que influenciam o funcionamento

da cadeia logística do etanol, com destaque para questões tributárias relacionadas aos serviços de transporte e armazenagem, como a impossibilidade de aproveitamento de créditos de PIS/COFINS em determinadas operações. Esses elementos foram analisados com o objetivo de compreender seus possíveis impactos sobre os custos logísticos e sobre a formação de preços do combustível ao longo da cadeia produtiva.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta e discute os principais resultados referentes à organização da cadeia logística do etanol combustível no Brasil, com ênfase nas atividades de transporte e armazenagem. A análise busca evidenciar como os fluxos logísticos se estruturam entre as regiões produtoras e os mercados consumidores, destacando os principais agentes envolvidos, as modalidades de transporte utilizadas e os fatores institucionais que influenciam a dinâmica de distribuição do biocombustível.

3.1 Estrutura da cadeia logística do etanol

FLUXO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE ETANOL NO BRASIL



Figura 1. Fluxo da cadeia de suprimentos de etanol no Brasil

Fonte: Elaborado pelos autores.

Matéria-Prima Produção Logística Varejo Consumo Exportação

O fluxo físico padrão do etanol no Brasil envolve, essencialmente, os seguintes elos da cadeia: produção da matéria-prima (cana-de-açúcar ou milho), produção de etanol nas usinas, distribuição do combustível, comercialização no varejo e consumo final (Figura 1). A coordenação eficiente desses elos é fundamental para garantir a competitividade do etanol brasileiro (Bragion; Dos Santos, 2012).

Historicamente, a cana-de-açúcar constitui a principal matéria-prima utilizada na produção de etanol no país, embora o uso do milho tenha se expandido nos últimos anos, especialmente com o objetivo de reduzir os efeitos da entressafra da cana (LOPES et al., 2016). Após a colheita, as matérias-primas são transportadas até as usinas, onde são processadas para a produção do biocombustível.

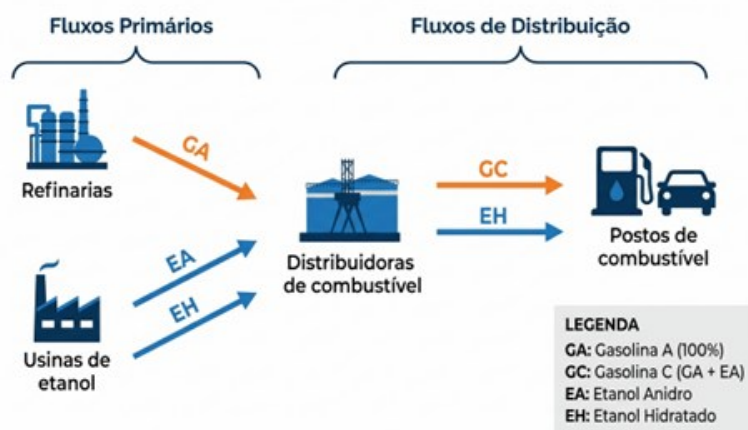
A logística de abastecimento das usinas envolve atividades de corte, carregamento, transbordo e transporte da matéria-prima até a unidade industrial, exigindo coordenação entre as operações para garantir o suprimento contínuo da moagem e evitar perdas de qualidade ou interrupções no processo produtivo. Após a produção, o etanol é armazenado em tanques nas próprias usinas, cuja capacidade de tancagem está relacionada à gestão de estoques, ao atendimento da entressafra e às estratégias de comercialização do produto (Milanez, 2010).

Atualmente, o Brasil possui 365 usinas produtoras de etanol certificadas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, concentradas principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. No caso das plantas produtoras de etanol de milho, cerca de 70% estão localizadas na região Centro-Oeste, refletindo a proximidade com os principais polos produtores de grãos. (ANP, 2024)

A distribuição regional do consumo também apresenta forte concentração. Dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis indicam que a Região Sudeste responde por aproximadamente 65,1% das vendas de etanol hidratado no Brasil, seguida pela Região Centro-Oeste, com cerca de 16,5%, refletindo a proximidade com os principais polos produtores e a expansão recente da produção de etanol de milho.

Em âmbito nacional, em 2025 foram consumidos cerca de 19,7 bilhões de litros de etanol hidratado e 13,6 bilhões de litros de etanol anidro pela frota de aproximadamente 32 milhões de veículos flex fuel (UNICA, 2025).

3.2 Fluxos logísticos de distribuição e modos de transporte do etanol



A etapa de distribuição compreende os fluxos logísticos de etanol anidro e hidratado entre as usinas produtoras e os mercados consumidores. Antes de chegar aos postos de combustíveis, o produto passa pelas bases de distribuição, conforme Figura 2, onde ocorre a armazenagem do etanol hidratado e a mistura do etanol anidro à gasolina A, resultando na gasolina C, conforme as proporções definidas pela política energética vigente (Branco et al., 2020).

Figura 2. Distribuição do etanol no mercado interno

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os fluxos logísticos do etanol para o mercado nacional podem ser classificados em três categorias principais.

Os *fluxos primários* correspondem ao transporte entre as usinas e as bases de distribuição, sendo predominantemente realizados por rodovias, com o uso de veículos de grande capacidade, como bitrens e rodotrens. Em alguns casos, esses fluxos podem envolver operações intermodais, nas quais o etanol é inicialmente transportado por rodovia até terminais de transbordo e posteriormente segue por ferrovia, hidrovia, dutovia ou cabotagem.

Os *fluxos de distribuição* correspondem ao transporte entre as bases e os postos de combustíveis, geralmente realizado por caminhões compartimentados de menor capacidade, que permitem maior flexibilidade de entrega em centros urbanos. Estima-se que cerca de 80% do etanol seja enviado diretamente das distribuidoras aos postos de combustíveis (Milanez, 2010).

Além desses, existem os *fluxos de transferência*, caracterizados pelo transporte de etanol entre bases de distribuição. Esses fluxos representam aproximadamente 20% do volume movimentado e ocorrem principalmente em corredores logísticos com maior disponibilidade de infraestrutura ferroviária, hidroviária ou dutoviária.

Nos casos em que o etanol é destinado ao mercado internacional, o biocombustível segue das usinas até terminais portuários nos chamados *fluxos de exportação*. Nesse caso, o transporte rodoviário ainda é predominante, podendo haver utilização de estruturas de armazenagem intermediárias para consolidação da carga.

A seguir são ilustradas as possíveis configurações dos fluxos primários de etanol, ou seja, entre as usinas e as bases de distribuição.

No caso das movimentações rodoviárias (Figura 3), o etanol pode ser transportado da usina diretamente para a base (fluxo I) ou, em situações nas quais a capacidade da tancagem da usina é insuficiente, ocorre o armazenamento do etanol em tanques de terceiros, configurando, nesse caso, dois trechos rodoviários (fluxo II).

A Figura 4 ilustra os fluxos intermodais, com a ponta rodoviária das usinas até os terminais de transbordo, a partir dos quais seguem por ferrovia, hidrovia ou dutovia até as bases de distribuição.

A cabotagem também é utilizada para distribuição do etanol das unidades produtoras para mercados consumidores mais distantes, e as alternativas atualmente utilizadas estão ilustradas na Figura 5. Num primeiro caso, é utilizado o transporte rodoviário das usinas até o porto de origem (preponderantemente o porto de Santos) e o transporte marítimo até os portos de destinos na costa brasileira (em geral, localizados na região nordeste ou sul do país). O fluxo logístico alternativo inclui um trecho dutoviário até o porto de origem.

Finalmente, a Figura 6 sumariza os fluxos de exportação, que são realizados por rodovias até o porto de exportação. Quando há necessidade de armazenagem adicional, são utilizados tanques de armazenamento para manter e consolidar a carga até o momento da exportação.

Os desafios impostos pelas longas distâncias e a expansão da produção em direção a outras regiões, especialmente o Centro-Oeste, têm imposto uma reorientação da matriz de transporte, bem como usos de estratégias que visem diminuir os custos logísticos, através de maior uso de alternativas intermodais que permitam ganhos de escala na movimentação.

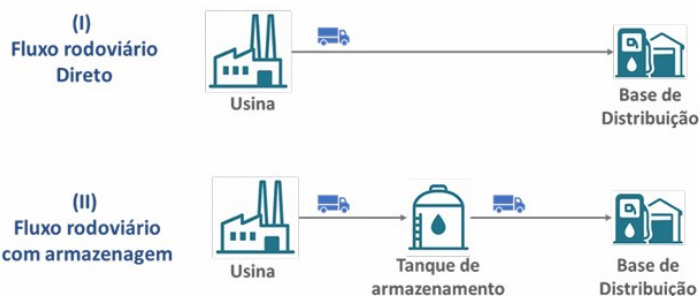


Figura 3. Fluxos rodoviários de etanol entre usinas e bases de distribuição

Fonte: Elaborado pelos autores.

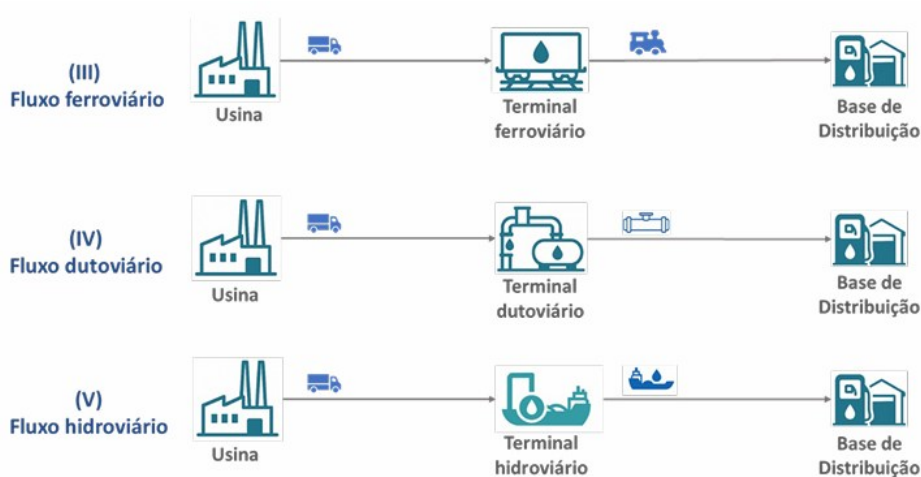


Figura 4. Fluxos intermodais de etanol entre usinas e bases de distribuição

Fonte: Elaborado pelos autores.

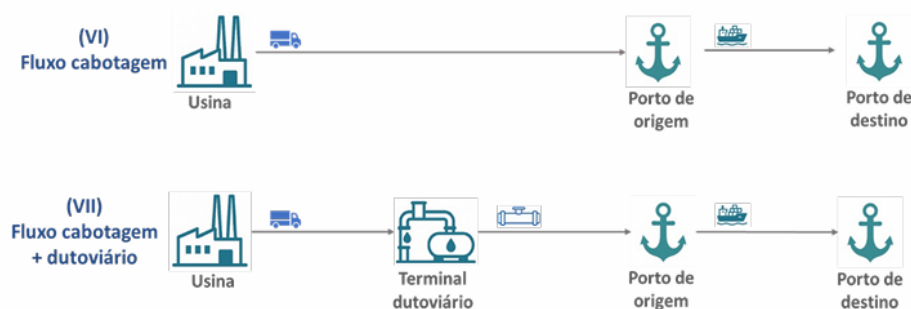


Figura 5. Fluxos logísticos de etanol utilizando cabotagem

Fonte: Elaborado pelos autores.

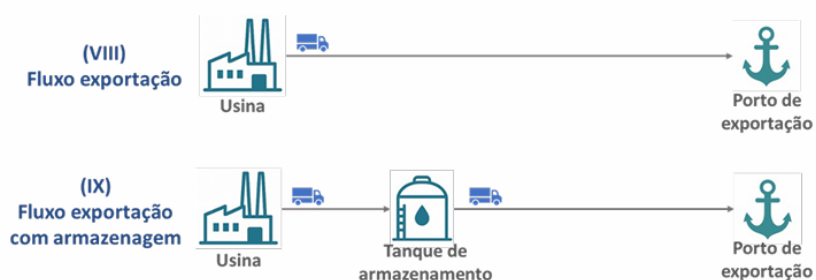


Figura 6. Fluxos logísticos de exportação do etanol

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.3. Comercialização do etanol e contribuições das comercializadoras para o escoamento logístico

A comercialização do etanol no Brasil envolve diferentes agentes, modalidades contratuais e condições de mercado. Tradicionalmente, as usinas realizam a venda do produto por meio de canais diretos às distribuidoras, sendo a escolha do canal orientada por fatores logísticos e de mercado. De acordo com Machado (2013), três elementos principais condicionam esse processo: demanda, produção e condições financeiras. Nesse contexto, contratos de longo prazo e operações no mercado futuro são utilizados como instrumentos de mitigação de riscos e de estabilidade financeira, contribuindo para equilibrar a oferta e a demanda ao longo das safras (Milanez, 2010).

A comercialização do etanol no país é regulamentada pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). A Resolução ANP nº 946/2023 estabelece as regras para aquisição de etanol anidro por distribuidores, bem como os critérios para formação de estoques destinados ao período de entressafra. Além disso, define como agentes fornecedores de etanol os produtores, as cooperativas, as empresas comercializadoras e importadoras de etanol. Os distribuidores podem adquirir o produto dos fornecedores por meio de contratos de fornecimento ou por compras diretas, desde que observadas as exigências regulatórias.

Em termos de volume, a produção brasileira de etanol alcançou 36,9 milhões de m³ em 2024, sendo 24,1 milhões de m³ de etanol hidratado e 12,8 milhões de m³ de etanol anidro. Nesse mesmo ano, foram comercializados aproximadamente 21,6 milhões de m³ de etanol hidratado e 11,2 milhões de m³ de etanol anidro. Embora, em quantidade, as empresas comercializadoras representem cerca de 5%

dos fornecedores de etanol, elas respondem por, aproximadamente, 20% do volume comercializado de etanol anidro, evidenciando sua relevância na dinâmica do mercado. (ANP, 2024)

Nesse contexto, as comercializadoras desempenham papel estratégico na coordenação da cadeia logística do etanol, atuando como intermediárias entre usinas e distribuidoras e contribuindo para a gestão dos fluxos logísticos e financeiros. Sua atuação favorece a coordenação entre oferta e demanda, ampliando a eficiência da distribuição e proporcionando ganhos de escala e flexibilidade operacional.

Entre as principais contribuições dessas empresas destacam-se: (i) a flexibilização das transações comerciais, ao permitir diferentes modalidades de negociação entre fornecedores e distribuidores; (ii) a mitigação de gargalos logísticos, por meio da consolidação de volumes e da coordenação de fluxos multimodais; (iii) a gestão de estoques estratégicos, em conformidade com as exigências regulatórias, garantindo maior estabilidade no fornecimento durante o período de entressafra; e (iv) o amortecimento logístico e financeiro da cadeia, ao assumir custos e riscos associados à armazenagem e à volatilidade de preços.

Dessa forma, as comercializadoras contribuem para aumentar a eficiência do escoamento logístico e para conferir maior estabilidade ao mercado de etanol no Brasil.

3.4 Infraestrutura logística do etanol no Brasil

A maior parte dos fluxos de etanol é destinada ao mercado interno. Os fluxos voltados para exportação representam apenas 5% do volume produzido, e seguem majoritariamente rodoviários até os portos, em especial o porto

de Santos, que responde por aproximadamente 90% das exportações, de acordo com dados do Comex Stat (MDIC, 2025).

No mercado doméstico, a matriz de transporte apresenta maior diversificação modal. Em 2024, o transporte rodoviário respondeu por 72% da movimentação de etanol, seguido pelas dutovias (13%) e ferrovias (9%), enquanto o transporte aquaviário (hidrovias e cabotagem) representou aproximadamente 6% do total. Apesar da predominância rodoviária, observa-se uma tendência gradual de diversificação modal ao longo dos últimos anos, evidenciada pela evolução da matriz de transporte entre 2019 e 2024, apresentada na Tabela 1.

No que se refere à infraestrutura intermodal, destacam-se as movimentações ferroviárias, hidroviárias e de cabotagem, cujas principais estruturas e volumes transportados são apresentados na Figura 7. Em 2024, o transporte ferroviário movimentou aproximadamente 3,38 milhões de m³ de etanol, com destaque para os trechos operados pela Rumo nas regiões Centro-Sul e para a Ferrovia Norte-Sul no Nordeste. Os fluxos ferroviários evidenciam

a importância dos terminais localizados no Centro-Oeste, especialmente Rondonópolis (MT), seguido do terminal de Chapadão do Sul (MS), como as principais origens para o escoamento do etanol de milho por ferrovia. Paulínia (SP) destaca-se como o principal terminal ferroviário de destino do etanol (ANTT, 2024).

O transporte hidroviário apresentou movimentação de aproximadamente 460 mil m³ em 2024, com destaque para a região do Arco Norte, onde o terminal de Miritituba (PA) se configura como importante ponto de origem, tendo Belém (PA) e Manaus (AM) como principais destinos. Na região Sul, observa-se fluxo relevante entre Rio Grande e Triunfo (RS).

Por sua vez, foi movimentado cerca de 1,2 milhão de m³ via cabotagem, com fluxos predominantes entre os portos de Santos e Rio de Janeiro em direção a portos do Nordeste, especialmente Suape (PE) e Aratu (BA), além de rotas de menor volume para o Sul do país (ANTAQ, 2024).

Tabela 1. Evolução dos volumes movimentados e da matriz de transporte do etanol para o mercado doméstico entre 2019 e 2024 (em mil m³ e %)

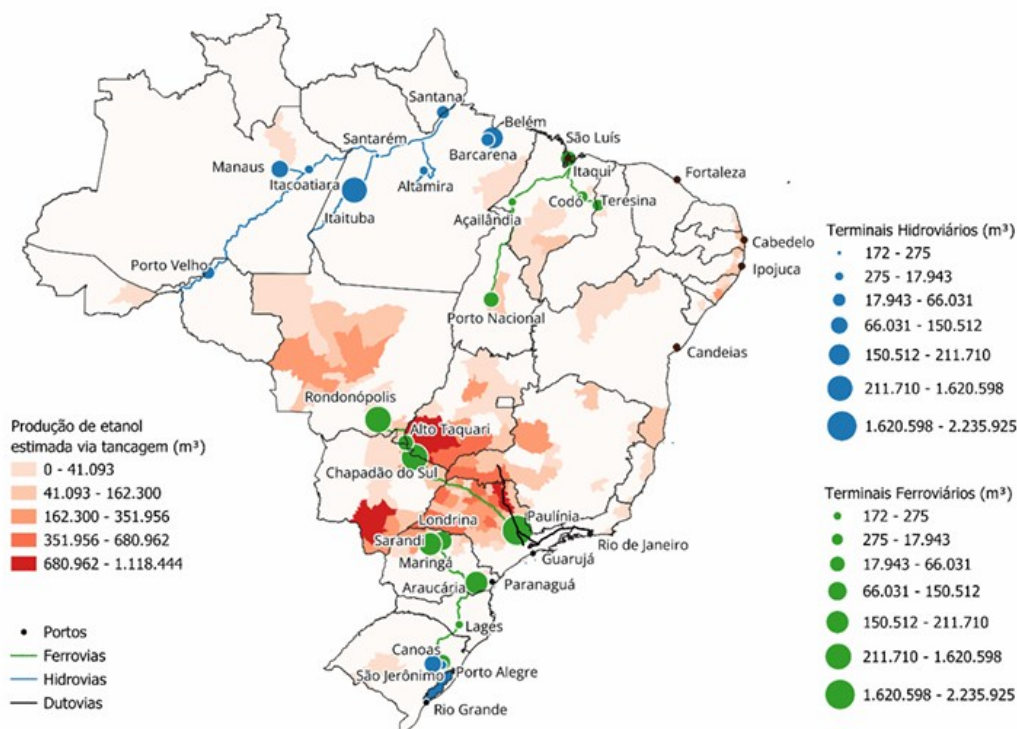
Ano	Rodoviário		Ferroviário		Dutoviário		Hidroviário		Cabotagem		Total (1.000 m³)
	1.000 m³	%	1.000 m³	%	1.000 m³	%	1.000 m³	%	1.000 m³	%	
2019	29.375	83%	2.148	6%	2.547	7%	205	0%	1.028	4%	35.303
2020	27.332	84%	2.056	6%	2.108	6%	367	1%	656	3%	32.519
2021	23.687	78%	2.657	8%	2.288	7%	531	1%	864	6%	30.027
2022	22.855	73%	2.986	9%	3.949	12%	618	1%	824	5%	31.232
2023	26.617	75%	3.282	9%	4.331	12%	477	1%	749	3%	35.456
2024	26.912	72%	3.387	9%	5.007	13%	463	1%	1.182	5%	36.951

Fonte: Elaborado pelos autores com base em ANTT (2024), ANP (2024), ANTAQ (2024) e UNICA (2024).

Nota: Os percentuais dos modos rodoviário, ferroviário, dutoviário e hidroviário correspondem à parte inteira da participação de cada modo no volume total anual. O percentual da cabotagem foi obtido por diferença, de modo que a soma de cada ano totalize 100%.

Figura 7. Infraestrutura intermodal e as movimentações de etanol (2024).

Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de ANTT (2024), ANTAQ (2024) e ESALQ-LOG (2025).



Já a infraestrutura dutoviária encontra-se fortemente concentrada na região Sudeste e é utilizada principalmente para conectar bases de distribuição primárias e secundárias, desempenhando papel relevante na movimentação regional do etanol e na integração com outras modalidades de transporte.

Além do transporte, a infraestrutura de armazenamento constitui elemento central da logística do etanol. A capacidade de tancagem está distribuída entre diferentes tipos de instalações ao longo da cadeia produtiva e distributiva do etanol. As instalações produtoras de etanol concentram a tancagem voltada ao armazenamento primário, diretamente vinculada ao processo industrial. A maior parte da capacidade de tancagem de etanol no país está concentrada junto às unidades produtoras, cerca de 44% do total (ANP, 2024).

As refinarias, por sua vez, possuem tanques de grande porte e concentram cerca de

23,4% da capacidade, estando associadas principalmente ao armazenamento e à mistura de etanol anidro à gasolina.

Os terminais logísticos representam aproximadamente 22,3% da capacidade, exercendo papel fundamental na movimentação intermodal e na conexão entre regiões produtoras, centros consumidores e portos.

Por fim, as bases de distribuição de combustíveis desempenham papel intermediário na redistribuição e abastecimento regional do produto, enquanto as bases do ramo de TRR (Transportador-Revendedor-Retalhista) apresentam menor capacidade de tancagem, mas maior capilaridade das unidades, sendo particularmente voltadas à logística de última milha e ao suprimento de regiões não atendidas por grandes distribuidoras.

A distribuição espacial das infraestruturas de tancagem e suas respectivas capacidades por tipo de agente estão ilustradas na Figura 8.

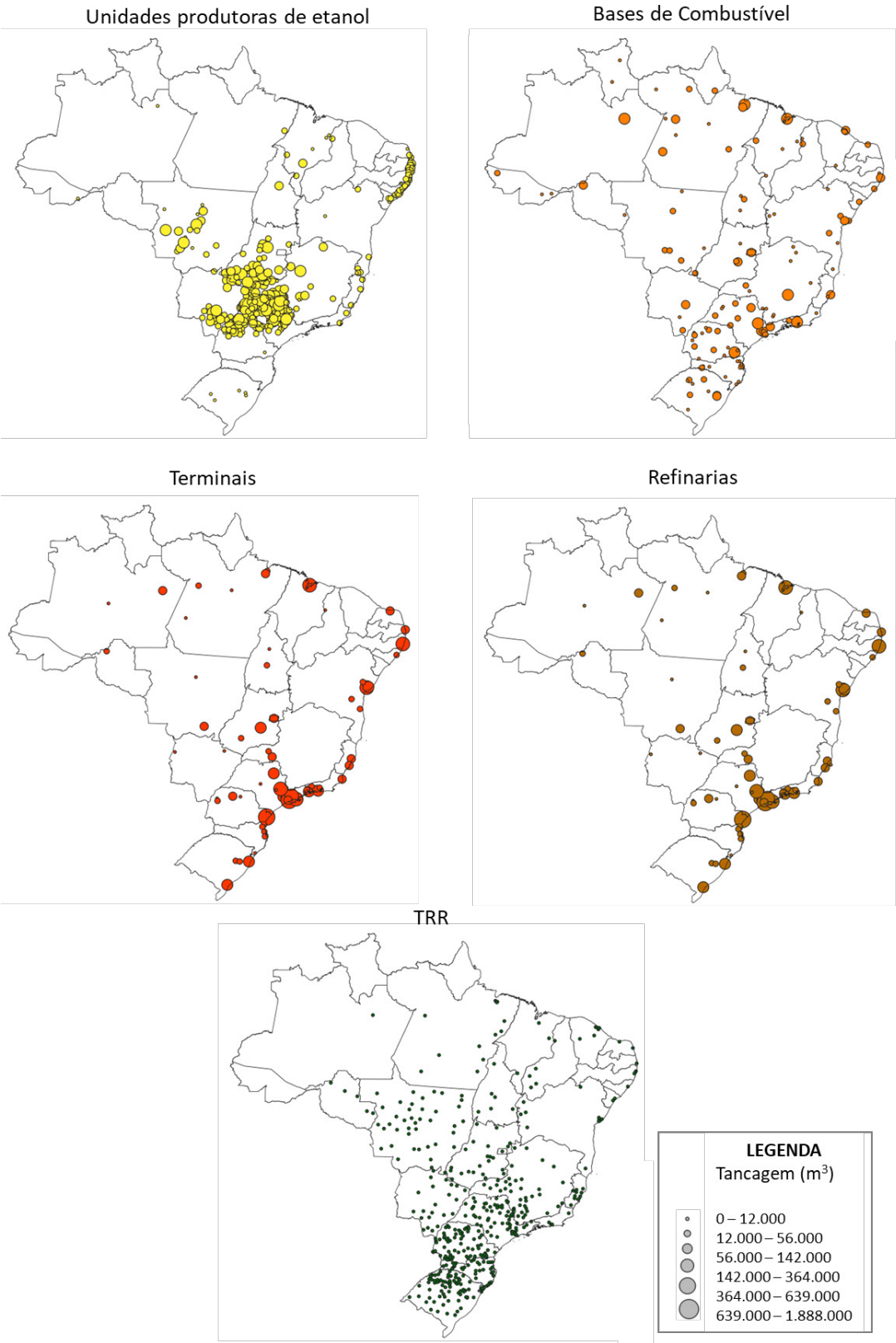


Figura 8. Localização e capacidade de tancagem de etanol (m³).

Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados da ANP (2024).

3.5 A tributação sobre a cadeia logística do etanol

As atividades de transporte e armazenagem desempenham papel central na organização da cadeia logística do etanol combustível, uma vez que viabilizam o escoamento da produção, a formação de estoques e a regularidade do abastecimento ao longo do ano. A logística do etanol apresenta elevada complexidade devido à concentração da produção nas regiões Centro-Sul e Centro-Oeste e à necessidade de distribuição para mercados consumidores geograficamente dispersos, o que torna a coordenação logística e o uso de diferentes modais de transporte elementos fundamentais para a eficiência da cadeia.

Nesse contexto, empresas comercializadoras exercem função logística relevante ao intermediar operações entre produtores e distribuidores. Essas empresas contribuem para a consolidação de cargas, a viabilização de operações intermodais e a utilização de infraestrutura de armazenagem em pontos estratégicos da rede logística. Tal atuação torna-se particularmente importante diante da limitada capacidade de tancagem nas unidades produtoras, o que exige o uso de estruturas externas para garantir a continuidade do fluxo de abastecimento e a gestão dos estoques ao longo da safra e da entressafra.

Apesar dos avanços observados na diversificação modal e na organização logística da cadeia, a estrutura tributária incidente sobre o setor gera efeitos que impactam sua eficiência econômica. A tributação das contribuições sociais PIS e COFINS caracteriza-se por incidir sobre a receita bruta das empresas, podendo ser apurada em regime cumulativo ou não cumulativo, conforme estabelecido pela legislação brasileira (BRASIL, 2000). No caso específico do etanol combustível, a adoção do regime monofásico concentrou o recolhimento dessas contribuições nas etapas

iniciais da cadeia produtiva, enquanto as etapas posteriores de distribuição e revenda passaram a operar com alíquota zero.

Entretanto, no caso das empresas comercializadoras de etanol, a legislação estabelece particularidades. Conforme disposto no artigo 5º, §20º, da Lei nº 9.718/1998, essas empresas são equiparadas ao produtor para fins de incidência tributária, podendo apropriar créditos de PIS e COFINS sobre determinadas operações. Na prática, os créditos e débitos gerados diretamente nas operações de compra e venda do etanol tendem a se compensar, em razão da aplicação da alíquota específica incidente sobre o produto.

O principal ponto de atenção surge em relação aos créditos tributários associados a despesas operacionais essenciais à atividade logística, como frete e armazenagem. De acordo com o artigo 3º das Leis nº 10.637/2002 e nº 10.833/2003, essas despesas podem gerar créditos de PIS e COFINS quando vinculadas às atividades empresariais. No entanto, no contexto da comercialização do etanol, a estrutura tributária vigente não gera débitos suficientes nas etapas subsequentes da cadeia para permitir o aproveitamento integral desses créditos.

Como consequência, observa-se um acúmulo estrutural de créditos tributários associados às atividades logísticas, especialmente nas operações de transporte e armazenagem. Esse fenômeno gera uma forma indireta de cumulatividade tributária ao longo da cadeia, elevando os custos operacionais das empresas comercializadoras e reduzindo a eficiência econômica do sistema de distribuição do etanol.

Esse cenário contrasta com o observado em outros segmentos industriais e agroindustriais brasileiros. Em cadeias produtivas exportadoras ou em determinados setores

agroindustriais, como a cadeia do óleo de soja ou do biodiesel, existem mecanismos institucionais que permitem o ressarcimento ou a compensação mais ágil de créditos tributários acumulados, inclusive por meio de procedimentos de ressarcimento acelerado estabelecidos por normas da Receita Federal (Brasil, 2010, Brasil, 2014). Esses mecanismos contribuem para preservar o princípio da não cumulatividade tributária e reduzir distorções econômicas na formação de custos.

No caso da cadeia logística do etanol, entretanto, a ausência de mecanismos equivalentes de escoamento de créditos tributários gera uma distorção que afeta a competitividade do biocombustível.

A impossibilidade de aproveitamento integral dos créditos associados às atividades logísticas tende a gerar custos adicionais ao sistema de distribuição, reduzindo a eficiência econômica da cadeia e afetando a competitividade do biocombustível no mercado energético brasileiro.

Evidências empíricas indicam que essa ineficiência tributária pode elevar os custos logísticos e influenciar o preço final do combustível, especialmente em fluxos logísticos mais complexos que envolvem múltiplos modais de transporte e etapas de armazenagem.

CONCLUSÕES

A análise da cadeia logística do etanol combustível no Brasil evidencia a relevância estratégica da logística para a eficiência e a competitividade desse biocombustível na matriz energética nacional. A distribuição espacial da produção e do consumo, associada à dimensão territorial do país, torna o transporte e a armazenagem elementos centrais para o funcionamento do sistema de abastecimento.

Os resultados indicam que a logística do etanol apresenta elevada complexidade operacional, envolvendo múltiplos agentes econômicos, diferentes estruturas de armazenagem e uma rede diversificada de modais de transporte. Apesar da existência de alternativas intermodais (como ferrovias, dutovias, hidrovias e cabotagem) o transporte rodoviário ainda permanece como o principal meio de escoamento do biocombustível, respondendo pela maior parte dos fluxos logísticos entre usinas, bases de distribuição e centros consumidores. Essa predominância reflete tanto a capilaridade da malha rodoviária quanto limitações estruturais de infraestrutura em outras modalidades de transporte.

Observa-se, entretanto, uma tendência gradual de diversificação da matriz de transporte do etanol, impulsionada pela expansão da produção em novas regiões, especialmente no Centro-Oeste, e pela busca por soluções logísticas que permitam ganhos de escala e redução de custos em fluxos de longa distância. Nesse contexto, corredores ferroviários, estruturas dutoviárias e rotas de cabotagem têm desempenhado papel crescente na integração logística entre regiões produtoras e mercados consumidores.

Outro aspecto relevante evidenciado na análise refere-se ao papel das empresas comercializadoras na coordenação da cadeia logística do etanol. Embora representem parcela relativamente pequena do número de fornecedores, essas empresas movimentam volumes expressivos do biocombustível e exercem funções importantes na consolidação de cargas, na gestão de estoques e na articulação entre produtores e distribuidores. Sua atuação contribui para a redução de gargalos logísticos, para a viabilização de operações intermodais e para a maior flexibilidade na organização dos fluxos de abastecimento.

A infraestrutura de armazenagem também se revela um componente fundamental da logística do etanol, desempenhando papel estratégico na gestão de estoques ao longo da safra e da entressafra. A predominância da capacidade de tancagem nas unidades produtoras, associada à presença de terminais logísticos e bases de distribuição, constitui um elemento importante para a estabilidade do abastecimento e para a redistribuição regional do combustível.

Por fim, a análise institucional evidencia que a estrutura tributária incidente sobre a cadeia logística do etanol pode gerar distorções econômicas relevantes. Em particular, a impossibilidade de aproveitamento integral de créditos de PIS e COFINS associados a despesas com transporte e armazenagem tende a gerar acúmulo estrutural de créditos tributários nas empresas comercializadoras, elevando os custos operacionais e reduzindo a eficiência econômica do sistema de distribuição. Tal situação compromete o princípio da não cumulatividade tributária e pode afetar a competitividade do etanol no mercado energético.

Diante desses resultados, conclui-se que o aprimoramento da logística do etanol no Brasil depende não apenas de investimentos em infraestrutura de transporte e armazenagem, mas também de avanços institucionais e regulatórios que favoreçam maior eficiência na organização da cadeia. A ampliação da intermodalidade, o fortalecimento de corredores logísticos estratégicos e a revisão de mecanismos tributários que afetam as atividades logísticas podem contribuir para reduzir custos, aumentar a eficiência da distribuição e reforçar o papel do etanol como componente fundamental da transição energética brasileira.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (ANTAQ). **Estatístico aquaviário**: painel estatístico aquaviário. Brasília, DF: ANTAQ, 2024. Disponível em: <https://web3.antaq.gov.br/ea/sense/doc.html>. Acesso em: 27 out. 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). Tabelas Excel. *In*: ANTT. **Anuário do setor ferroviário**. Brasília, DF: ANTT, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ferrovias/anuario-do-setor-ferroviario/arquivos-tabelas-excel>. Acesso em: 20 out. 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Etanol**. Rio de Janeiro: ANP, 2020. Atualizado em 18 jan. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/etanol>. Acesso em: 3 out. 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Painel dinâmico da tancagem do abastecimento nacional de combustíveis**. Rio de Janeiro: ANP, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br>. Acesso em: 3 out. 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Painel dinâmico de produtores de etanol**. Rio de Janeiro: ANP, [2025]. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/paineis-e-mapa-dinamicos-de-produtores-de-combustiveis-e-derivados/painel-dinamico-de-produtores-de-etanol>. Acesso em: 3 out. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Resolução nº 946, de 20 de dezembro de 2023**. Regulamenta as aquisições de etanol anidro pelos distribuidores de combustível e a formação de estoques de etanol anidro para o período de entressafra da cana-de-açúcar. Rio de Janeiro: ANP, 2023. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-946-2023>. Acesso em: 31 out. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Série histórica do levantamento de preços**. Rio de Janeiro: ANP, [2025]. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/precos-revenda-e-de-distribuicao-combustiveis/serie-historica-do-levantamento-de-precos>. Acesso em: 3 out. 2025.

BRAGION, N.; SANTOS, A. C. dos. Variáveis que sustentam o período atual de produção de bioetanol. **RAI – Revista de Administração e Inovação**, São Paulo, v. 1, n. 1, 2012.

BRANCO, J. E. H.; BARTHOLOMEU, D. B.; VETORAZZI, A. C. Avaliação das emissões de CO₂ na etapa de transporte do etanol: aplicação de um modelo matemático de programação linear. **Transportes**, v. 28, n. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14295/transportes.v28i1.1856>.

BRASIL. **Instrução Normativa RFB nº 1.059, de 4 de agosto de 2010**. Disciplina o procedimento especial de ressarcimento de créditos de PIS/Pasep, Cofins e IPI. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 4 ago. 2010.

BRASIL. **Instrução Normativa RFB nº**

1.497, de 7 de outubro de 2014. Disciplina o procedimento especial de ressarcimento de créditos de PIS/Pasep e Cofins. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 8 out. 2014.

BRASIL. **Lei nº 9.718, de 27 de novembro de 1998**. Altera a legislação tributária federal. Brasília, DF: Presidência da República, 1998. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19718.htm. Acesso em: 31 out. 2025.

BRASIL. **Lei nº 10.147, de 21 de dezembro de 2000**. Dispõe sobre a incidência da contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins nas operações de venda dos produtos que especifica. Brasília, DF: Presidência da República, 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/10147.htm. Acesso em: 31 out. 2025.

BRASIL. **Lei nº 10.637, de 30 de dezembro de 2002**. Dispõe sobre a não cumulatividade na cobrança da contribuição para o PIS/Pasep e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2002. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/10637.htm. Acesso em: 31 out. 2025.

BRASIL. **Lei nº 10.833, de 29 de dezembro de 2003**. Altera a legislação tributária federal e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2003. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/10833.htm. Acesso em: 31 out. 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.993, de 8 de outubro de 2024**. Dispõe sobre a promoção da mobilidade sustentável de baixo carbono e a captura e a estocagem geológica de dióxido de carbono; institui o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV), o Programa

- Nacional de Diesel Verde (PNDV) e o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano; altera as Leis nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, nº 9.847, de 26 de outubro de 1999, nº 8.723, de 28 de outubro de 1993, e nº 13.033, de 24 de setembro de 2014; e revoga dispositivo da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 9 out. 2024.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. Secretaria de Comércio Exterior. **Comex Stat**: sistema oficial de estatísticas do comércio exterior brasileiro. Brasília, DF: MDIC, 2025. Disponível em: <https://comexstat.mdic.gov.br/>. Acesso em: 30 out. 2025.
- BRASIL. Receita Federal do Brasil. **Regularização de créditos de PIS/Pasep e Cofins**: manual de orientação tributária. Brasília, DF: RFB, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/manuais/orientacao-tributaria/creditos-pis-pasep-cofins/view>. Acesso em: 31 out. 2025.
- MILANEZ, A. Y.; NYKO, D.; GARCIA, J. L. F.; XAVIER, C. E. O. Logística para o etanol: situação atual e desafios futuros. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 31, p. 49-98, 2010.
- NOEL, F. L. **História da distribuição de combustíveis no Brasil**. Rio de Janeiro: Sindicom, 2010.
- STRAPASSON, A. B.; JOB, L. C. M. de A. Etanol, meio ambiente e tecnologia: reflexões sobre a experiência brasileira. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, ano 15, n. 3, p. 51-63, set. 2006. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 30 out. 2025.
- UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR E BIOENERGIA (UNICA). **Etanol**. São Paulo: UNICA, 2025. Disponível em: <https://unica.com.br>.
- UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR E BIOENERGIA (UNICA). **UNICADat**: balanço de safra 2024/2025. São Paulo: UNICA, 2025. Disponível em: <https://unicadata.com.br>.
- UNIÃO NACIONAL DA BIOENERGIA (UDOP). Comparativo de emissões de CO₂ confirma vantagens do etanol para uma mobilidade mais sustentável. **UDOP**, Araçatuba, 3 abr. 2023. Disponível em: <https://www.udop.com.br>.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Foreign Agricultural Service. **Production**: sugar. Washington, DC: USDA, 2025. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/>. Acesso em: 31 out. 2025.