



AGROENERGIA

Transição Energética Sustentável

Edição Etanol

Relatório



CNA



AGROENERGIA

TRANSIÇÃO ENERGÉTICA SUSTENTÁVEL

FGV

OBSERVATÓRIO
DE BIOECONOMIA

30 de Outubro de 2024

SUMÁRIO

1.	Apresentação	2
2.	Energias renováveis e a transição energética	2
3.	Agroenergia e biocombustíveis	5
4.	Experiências de inserção de biocombustíveis em diferentes economias	6
5.	Etanol da cana-de-açúcar e do milho	8
	Referências bibliográficas	10

Apresentação

A Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) realiza o evento Agroenergia: Transição Energética Sustentável – Edição etanol, com apoio do Observatório de Bioeconomia da Fundação Getúlio Vargas (FGV). Esse relatório traz um panorama sobre a transição energética e o papel das energias renováveis, sobretudo, aquelas advindas da agricultura. Além disso, são discutidas as potencialidades da matriz energética brasileira que conferem oportunidades para que o País se consolide na vanguarda da transição.

Nesta edição, os principais temas abordados são: a transição energética e o papel das fontes renováveis; agroenergia e os biocombustíveis; as experiências internacionais relacionadas à inserção dos biocombustíveis na matriz energética; e estimativas de crescimento do setor. Com esse material, a CNA busca trazer transparência e informações relevantes para subsidiar o debate acerca do papel da bioenergia na transição energética no Brasil.

Energias renováveis e a transição energética

A transição energética refere-se à expansão do uso de fontes de energias renováveis em substituição aos combustíveis fósseis, como petróleo, gás e carvão. Este processo é fundamental por, pelo menos, três razões:

- Reduzir as emissões de gases de efeito estufa e os impactos adversos das mudanças climáticas;
- Cumprir o compromisso firmado no Acordo de Paris de limitar o aumento da temperatura a 1,5°C; e
- Assegurar a segurança energética de forma equitativa e sustentável, contribuindo para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

No **Box 1** são destacados benefícios socioeconômicos e ambientais adicionais associados à inserção do Brasil em uma trajetória de transição energética.

A velocidade e a trajetória da transição energética são, portanto, mais importantes do que nunca. No entanto, o conhecimento técnico e científico produzido evidenciam que as condições que podem acelerar e moldar essa trajetória não são únicas e podem produzir diferentes resultados entre os países (YANG et al., 2024).

Desse modo, acelerar a transição energética exige medidas que estejam atreladas às potencialidades e oportunidades distintas que se apresentam para ampliar a participação de fontes renováveis na matriz energética dos países.

Vantagens da Transição Energética



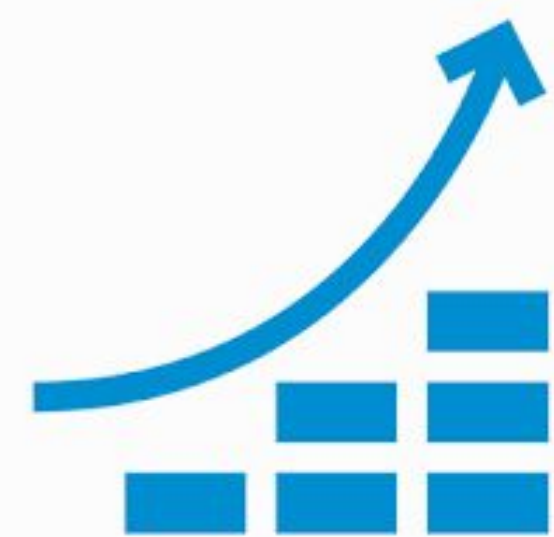
Ambiental

- Garantir a oferta de energia de maneira mais sustentável e com menor impacto ambiental.
- Contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa, minimizando o impacto das mudanças climáticas e ajudando a combater o aquecimento global.
- Preservar a biodiversidade e os recursos naturais, promovendo um desenvolvimento mais equilibrado e responsável.



Social

- Diversificar as fontes de energia contribui para melhorar a segurança energética, evitando riscos de desabastecimento e garantindo estabilidade no fornecimento.
- Aumentar a eficiência no uso de energia, possibilitando a redução de custos para consumidores e empresas.
- Reduzir a poluição ambiental e melhorar a qualidade de vida das pessoas, promovendo um impacto positivo na saúde pública.



Econômico

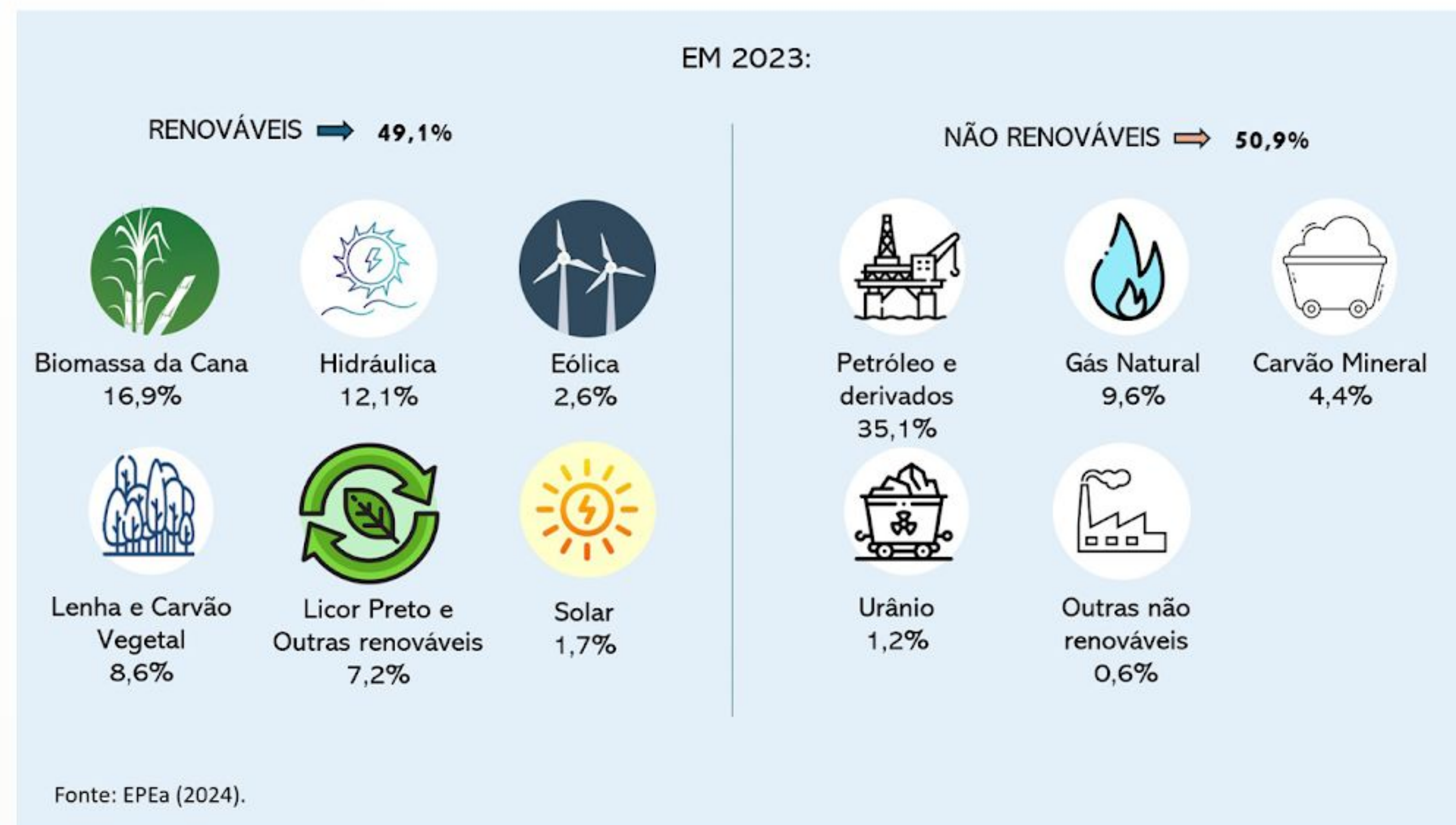
- Incentivar a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias energéticas, estimulando inovação e competitividade no setor.
- Criar empregos em áreas relacionadas à produção e manutenção das energias renováveis, impulsionando o mercado de trabalho e gerando oportunidades de “empregos verdes”.
- Diversificar as matrizes energéticas do país, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e aumentando a resiliência econômica frente a crises de oferta e demanda.



Matriz energética se refere ao conjunto de fontes de energia que um país emprega para satisfazer suas demandas. Ela engloba fontes renováveis e não renováveis, que têm funções distintas na economia e na sustentabilidade ambiental.

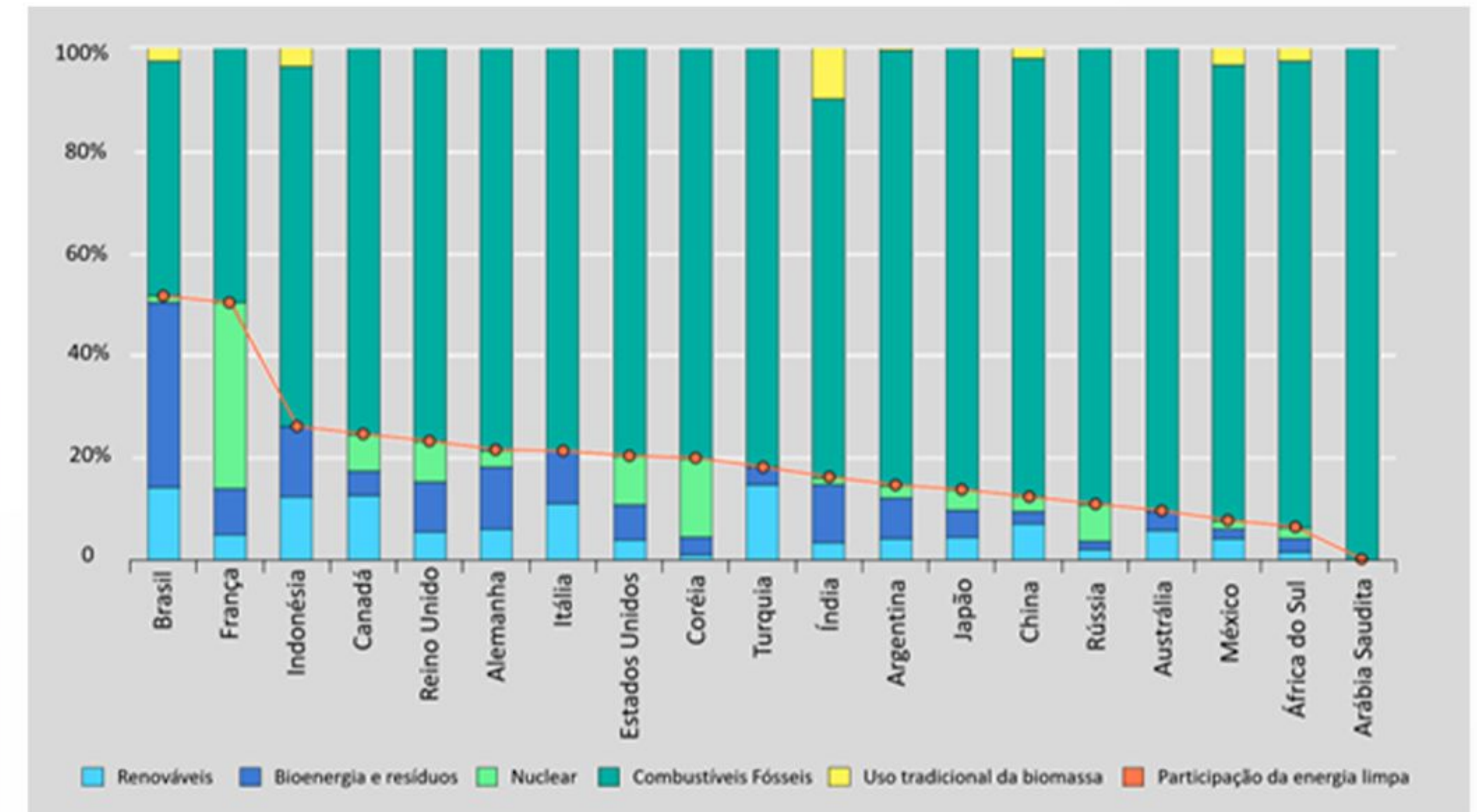
O Brasil se destaca por sua matriz energética com alta proporção de fontes renováveis. A **Figura 1** apresenta a matriz energética brasileira em 2023. Dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) indicam que 49,1% da oferta interna de energia do país provém de fontes renováveis, quase quatro vezes a média mundial de 14,7% em 2021. No setor elétrico, essa proporção é ainda mais expressiva, 89,2% da eletricidade gerada em 2023 foi originada de fontes renováveis, ante apenas 28,7% na média global (EPEa, 2024).

Figura 1. Participação de fontes renováveis na oferta interna de energia no Brasil.



Na **Figura 2** é possível observar as diferenças quanto à oferta total de energia no Brasil e em outras economias selecionadas. Nota-se que, comparativamente aos demais países, o Brasil se destaca pela utilização de fontes de energia como a bioenergia, hidrelétrica, eólica e solar. Esse resultado evidencia que o País já vem adotando ações que visam à transição energética por meio da inserção de novas fontes renováveis em sua matriz energética (**Figura 3**). Essa característica, juntamente com o arcabouço institucional, experiência produtiva, condições de clima e a disponibilidade de área conferem ao Brasil posição de referência no que tange à produção de energia limpa e sustentável, tornando expressiva a potencialidade de ampliação da produção, consumo e uso de renováveis.

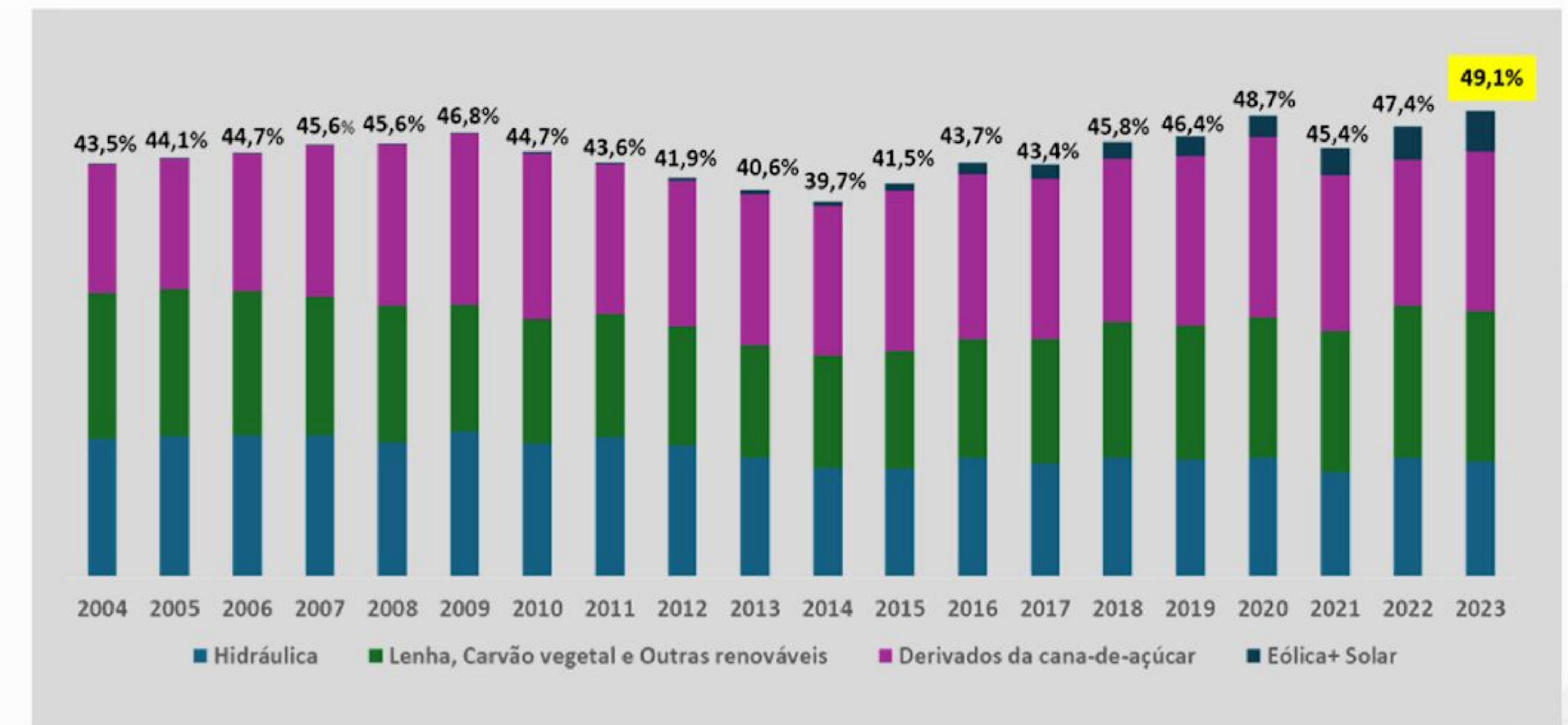
Figura 2. Oferta total de energia para economias selecionadas, por fonte de energia em 2022.



Fonte: Adaptado de IEAa(2024).

Nota: Renováveis incluem energia hidrelétrica, solar, eólica e outras renováveis não relacionadas à bioenergia e resíduos. Bioenergia e resíduos não incluem uso tradicional de biomassa.

Figura 3. Oferta interna de energias renováveis no Brasil no período de 2004 a 2023.



Fonte: Adaptado de Empresa de Pesquisa Energética (EPEb,2024).

Agroenergia e biocombustíveis

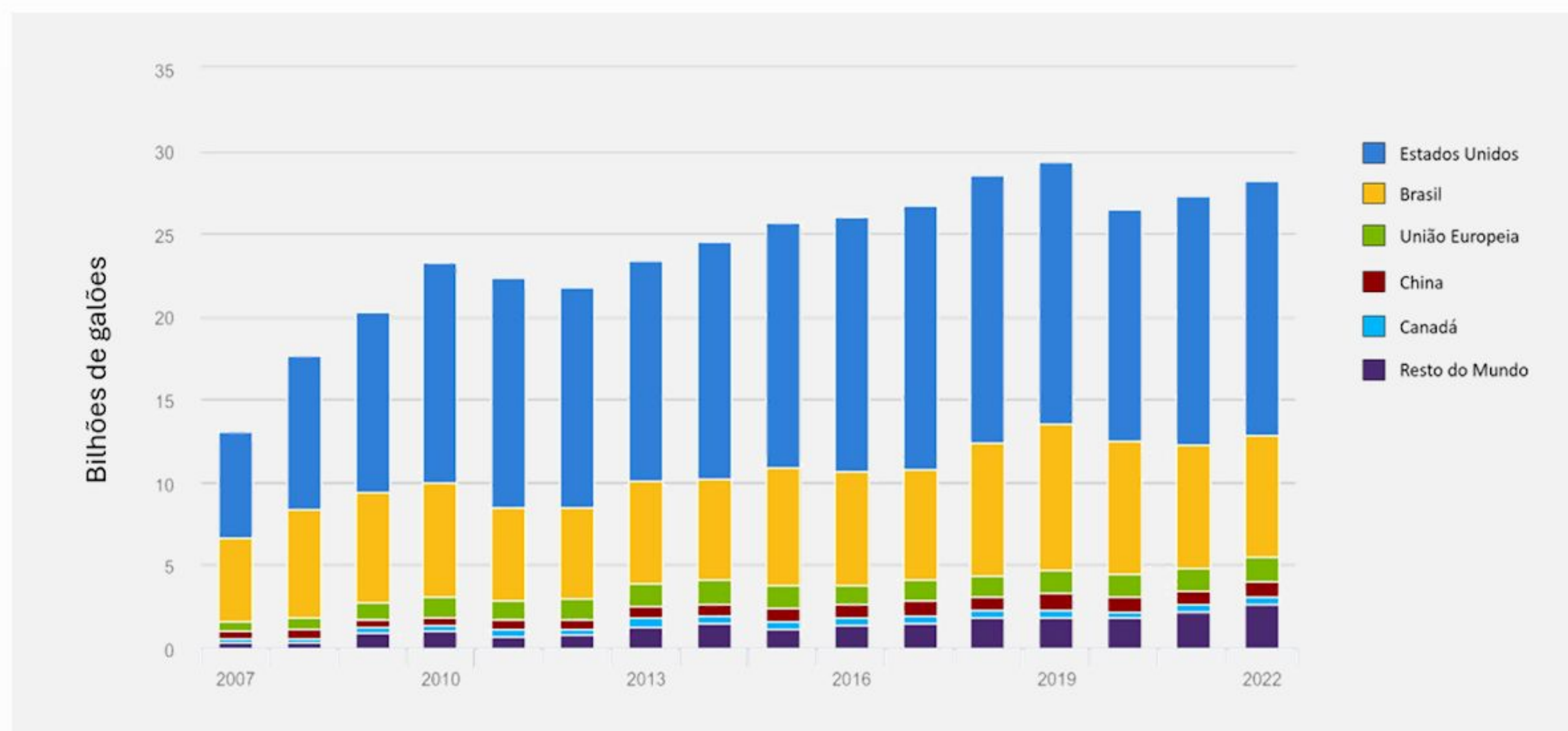
O Brasil é referência na produção de agroenergia (baseada em biomassa), que se insere como uma das alternativas promissoras para o futuro energético sustentável. Segundo o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), a geração de energia através do uso de produtos agrícolas caracteriza-se como a segunda principal fonte energética primária do País (MAPA, 2024). Além disso, o setor de biocombustíveis é o maior empregador entre todas as fontes de energia renovável representando, em 2023, cerca de 994.260 postos de trabalho (IRENA, 2024).

Desse modo, considerando os desafios associados às mudanças climáticas, ao aquecimento global, segurança energética e disponibilidade de fontes renováveis de energia, valer-se dos recursos naturais disponíveis traz oportunidades para que o Brasil cumpra e lidere uma ampla “agenda positiva” propiciada pela agroenergia e, ao mesmo tempo, promova desenvolvimento econômico.

Dentre as vantagens que qualificam o Brasil a liderar uma “agenda positiva”, se destaca a possibilidade de aumentar a produção de biocombustíveis sem, com isso, ampliar a área desmatada e reduzir a área destinada à produção de alimentos (MAPA, 2006). Os biocombustíveis podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural, consistindo em fontes de energia limpa e renovável. Os dois principais biocombustíveis utilizados no Brasil são o etanol, obtido a partir de cana-de-açúcar e de milho de segunda safra, e o biodiesel, cuja matéria-prima são óleos vegetais e gorduras animais.

Segundo dados da REN21 (2024), em 2022, os Estados Unidos e o Brasil foram responsáveis por mais de 80% da produção global de etanol, fornecendo 58 bilhões de litros e 32,9 bilhões de litros, respectivamente, seguidos pela União Europeia com 6,1 bilhões de litros (**Figura 4**).

Figura 4. Produção global de etanol por país ou região.



Com relação ao biodiesel, o Brasil é o terceiro maior produtor do mundo, depois da Indonésia e dos Estados Unidos. A produção de biodiesel foi estimada em 7,54 bilhões de litros em 2023, um aumento substancial em relação aos cerca de 6,42 bilhões de litros em 2022 (IEA, 2024; IRENA, 2024).

Fonte: Adaptado de Alternative Fuels Data Center (AFDC, 2024).

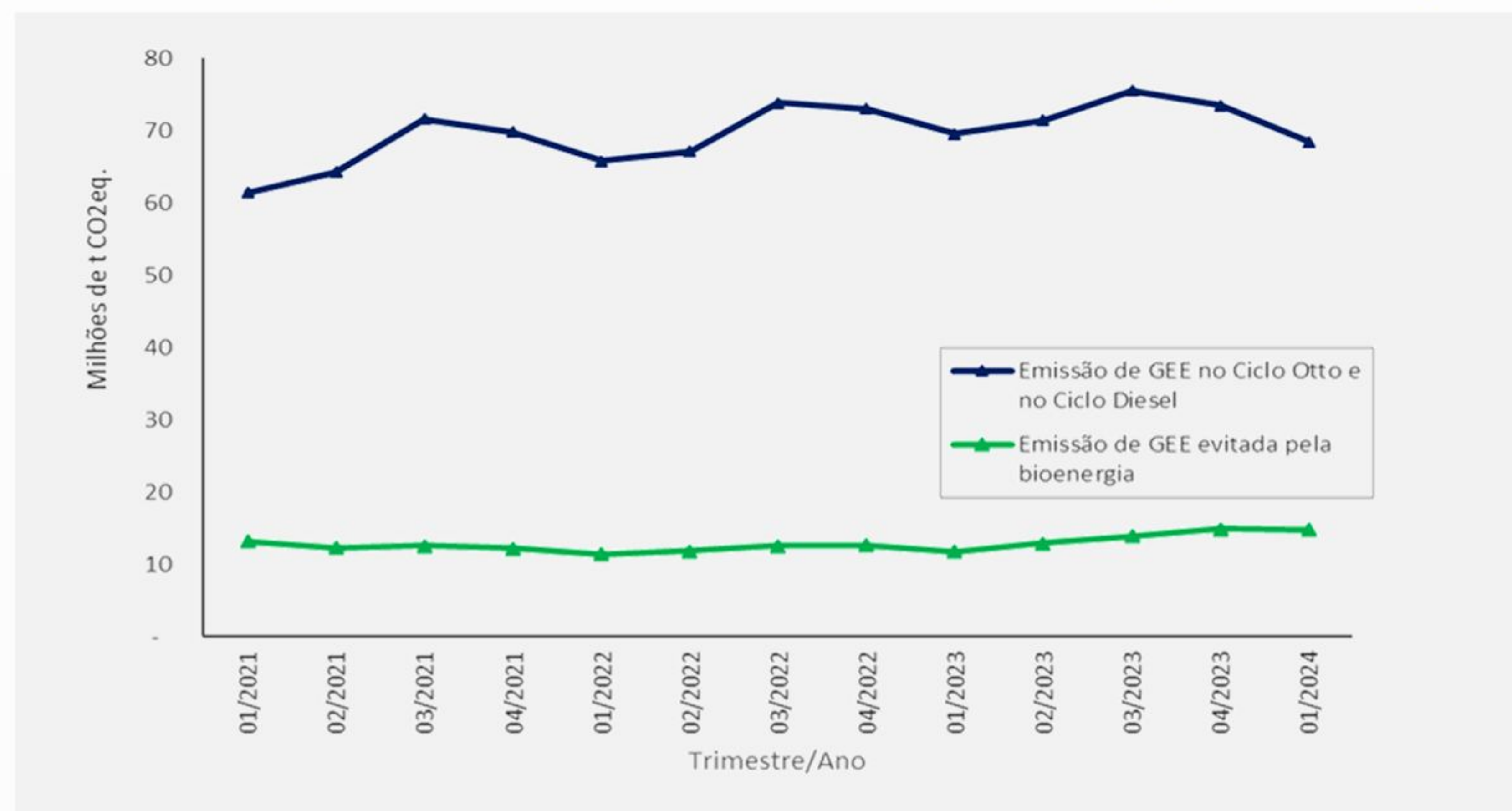
Experiências de inserção de biocombustíveis em diferentes economias

Diversos países têm se preocupado em estabelecer instrumentos políticos e regulatórios que estimulem e garantam a inserção e o aumento da participação dos biocombustíveis na matriz energética. Além da experiência brasileira, também se destacam as observadas nos Estados Unidos e União Europeia.

No caso do Brasil, a Política Nacional de Biocombustíveis – RenovaBio - é uma das principais ferramentas para estabelecer objetivos de descarbonização e certificação da sustentabilidade dos biocombustíveis produzidos no País. Instituída em 2017 pela Lei nº 13.576, esta política, além de estimular a ampliação da produção e do consumo de biocombustíveis, favorece a redução das emissões de gases de efeito estufa, promove a otimização do uso de energia, auxilia no crescimento do setor e no alcance das metas brasileiras estabelecidas no âmbito do Acordo de Paris.

Desde a sua introdução até julho de 2023, o RenovaBio atingiu a marca de 100 milhões de Créditos de Descarbonização (CBIOS) emitidos, ou seja, desde o início de sua operacionalização, foi evitada a emissão de 100 milhões de toneladas de CO₂ equivalente na atmosfera (ANPa, 2024). Considerando as emissões evitadas na matriz de combustíveis leves (Ciclo Otto) e na matriz do ciclo diesel, as emissões evitadas pela bioenergia no primeiro trimestre de 2024 alcançaram 14,9 milhões de toneladas de CO₂eq, o que equivale ao plantio de 36 mil hectares de árvores nativas (Figura 5).

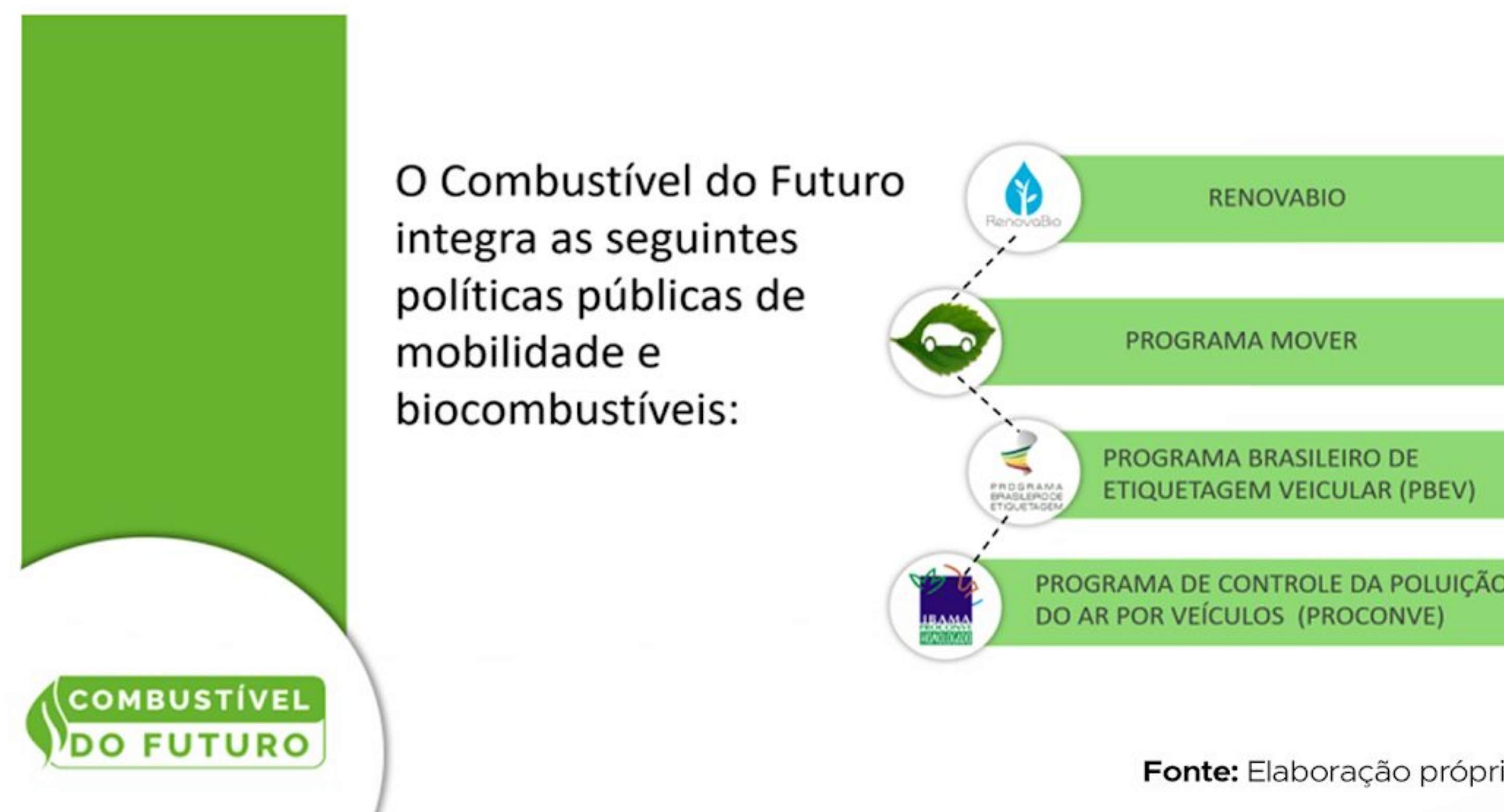
Figura 5. Emissões totais de gases de efeito estufa na matriz de combustíveis leves e no ciclo diesel e emissões evitadas pela bioenergia.



Mais recentemente foi sancionada a Lei Combustível do Futuro. Esse programa estabelece uma relação ainda mais intensa entre agricultura e o setor de energia no País, promovendo iniciativas de fomento à descarbonização, mobilidade sustentável e transição energética. A Lei Combustível do Futuro propõe a criação de programas nacionais de diesel verde, de combustível sustentável para aviação e de biometano, entre outras medidas, bem como integra outras políticas já existentes no ordenamento jurídico (Figura 6).

Fonte: Observatório de Bioeconomia da Fundação Getúlio Vargas (OCBIO/FGV, 2024).

Figura 6. Políticas integradas pela Lei Combustível do Futuro.



Fonte: Elaboração própria.

Experiências relacionadas à programas de biocombustíveis em outros países também podem ser destacadas:



Nos Estados Unidos, a utilização de biocombustíveis é incentivada pelo *Renewable Fuel Standard* (RFS). Além de promover a redução das emissões de gases de efeito estufa, o RFS tem como objetivo expandir o setor de combustíveis renováveis no País, ao mesmo tempo em que reduz a dependência de petróleo importado (EPA, 2024).



O *Low-Carbon Fuel Standard* (LCFS) foi criado para diminuir a intensidade de carbono do combustível de transporte da Califórnia e fornecer uma gama crescente de alternativas renováveis e de baixo carbono, que reduzem a dependência do petróleo e alcançam benefícios na qualidade do ar (ARB, 2024).



A Diretiva de Energia Renovável (*Renewable Energy Directive*) é o arcabouço legal para o desenvolvimento de energia limpa em todos os setores da economia da União Europeia (UE). Desde a sua introdução, a participação de fontes renováveis no consumo de energia da UE aumentou de 12,5% em 2010 para 23% em 2022 (EUROPEAN COMMISSION, 2024).

Etanol da cana-de-açúcar e do milho

No Brasil, o etanol é produzido tendo como matéria-prima, principalmente, a **cana-de-açúcar e o milho**. Recentemente, outras culturas, como trigo, sorgo e agave, têm sido exploradas na fabricação do biocombustível, cujos potenciais podem ser ampliados nos próximos anos.

Onde estão as usinas no Brasil?

- ➔ 336 unidades produtoras a partir do processamento da **cana-de-açúcar**.
- ➔ 9 unidades produtoras de etanol dedicadas ao processamento de **milho**.
- ➔ 10 unidades produtoras com processamento flexível (**cana ou milho**).



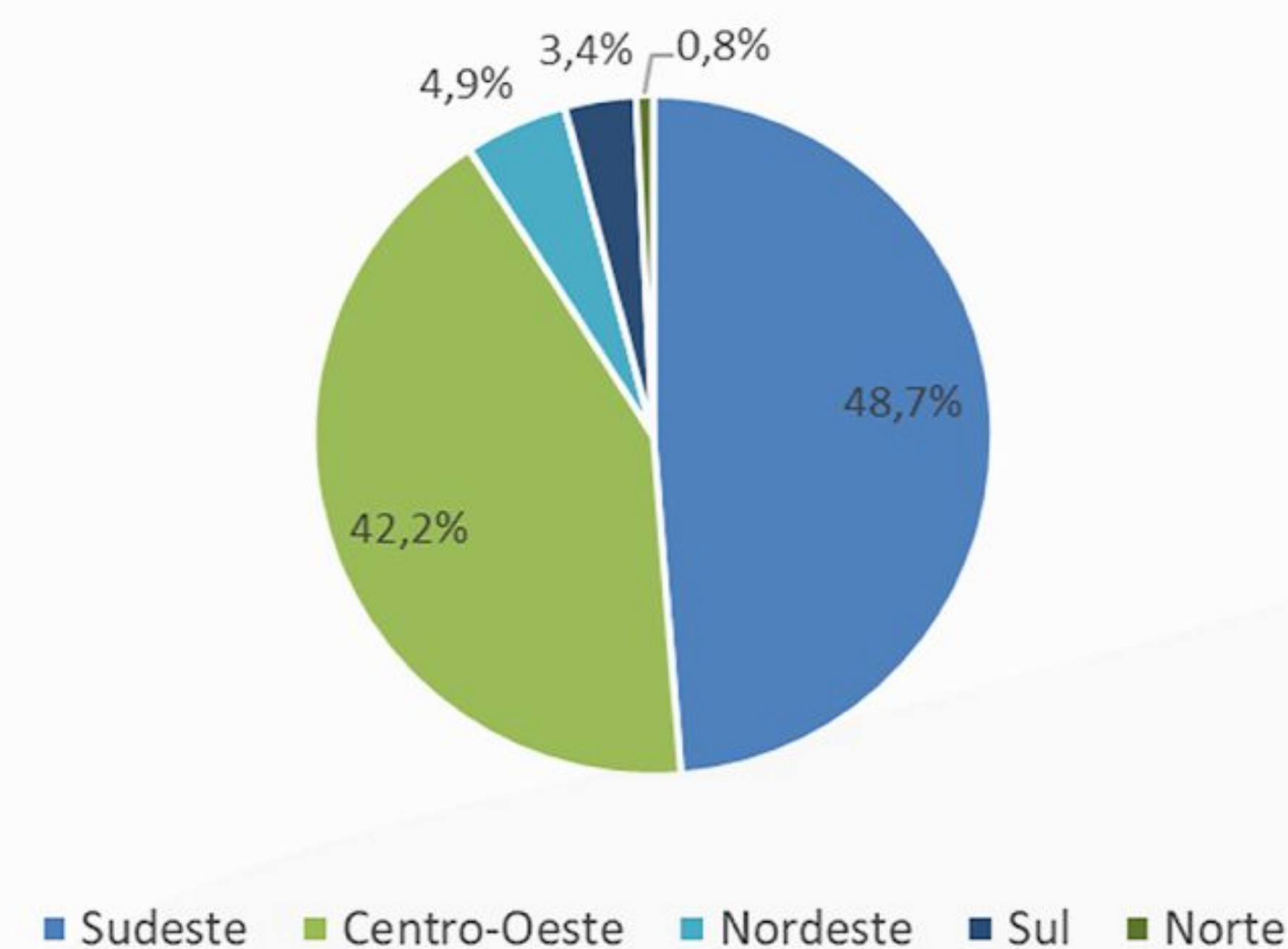
Fonte: ANP (2024).

Segundo dados da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), entre janeiro de 2023 e setembro de 2024 foram produzidos cerca de 64,3 bilhões de litros de etanol, sendo a produção concentrada, principalmente, nas regiões Sudeste e Centro-Oeste (**Figura 7**). Juntas as regiões foram responsáveis por mais de 90% da produção nacional (**Figura 8**).

Figura 7. Produção de etanol no Brasil por região.

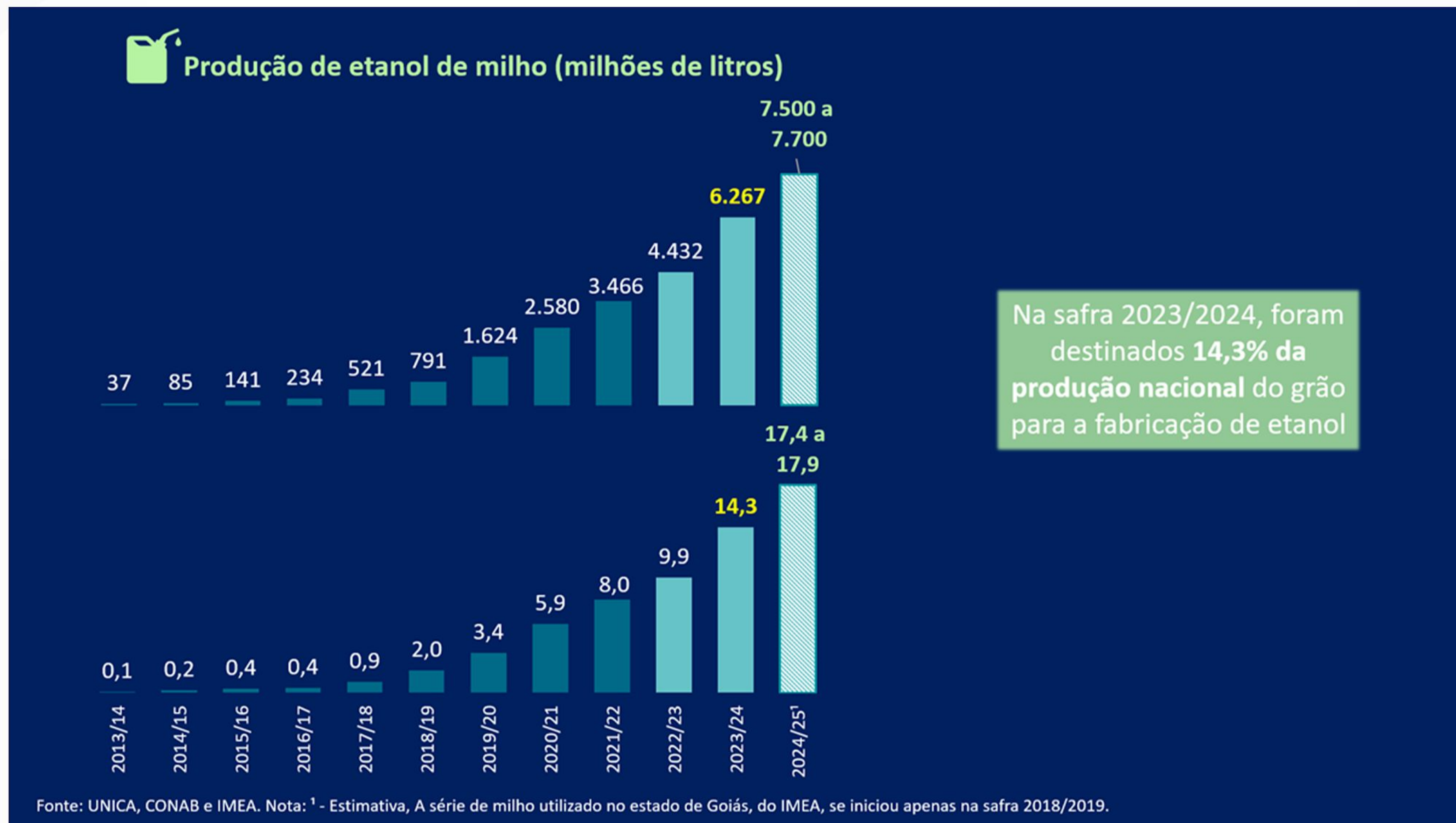


Figura 8. Participação regional na produção de etanol.



A produção de etanol de milho no País tem aumentado significativamente, especialmente nos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás. Esse crescimento é importante na medida que, além de permitir a diversificação da produção, possibilita a continuidade da produção do biocombustível em períodos de entressafra da cana-de-açúcar, contribuindo para a manutenção da oferta e estabilidade dos preços no mercado interno. A **Figura 9** apresenta informações sobre a produção de etanol de milho por safra e uma estimativa da produção na safra 2024/2025.

Figura 9. Produção de etanol de milho nas safras.



Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANPa). RenovaBio atinge a marca de 100 milhões de CBIOS emitidos. Ministério de Minas e Energia, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/renovabio-atinge-marca-de-100-milhoes-de-cbios-e-mitidos#:~:text=RenovaBio%20atinge%20marca%20de%20100,Petr%C3%B3leo%2C%20G%C3%A1s%20Natural%20e%20Biocombust%C3%A0veis>. Acesso em 02 de outubro de 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANPb). Painel Dinâmico De Produtores de Etanol. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMmRhZWU2NDUtZWV2Yi00NzI5LWJjMGQ0NjIwNjE0MjEzIiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTl0YTtNGI0MiIn2VmLTEyNGFmY2FkYzkyMyJ9>> . Acesso em 02 de outubro de 2024.

AIR RESOURCES BOARD – CALIFORNIA (ARB). Low Carbon Fuel Standard. California Government, 2024. Disponível em: <<https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/low-carbon-fuel-standard/about>>. Acesso em 02 de outubro de 2024.

ALTERNATIVE FUELS DATA CENTER – AFDC. Global ethanol production by country or region. Energy Efficiency & Renewable Energy, 2024. Disponível em: <<https://afdc.energy.gov/data/10331>>.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Renewable Fuel Standard Program. United States Environmental Protection Agency, 2024. Disponível em: <<https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program>>. Acesso em 02 de outubro de 2024.

EPEa - Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2024: Síntese. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt>>. Acesso em: 29 de setembro de 2024.

EPEb - Empresa de Pesquisa Energética. Dashboard Interativo do Balanço Energético Nacional. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em: <<https://dashboard.epe.gov.br/apps/ben/>>. Acesso em: 29 de setembro de 2024.

EUROPEAN COMMISSION (EU). Renewable Energy Directive. European Commission – Energy, Climate Change, Environment, 2024. Disponível em : <https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en>. Acesso em 02 de outubro de 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEAa). Global energy data, 2024. Disponível em: <<https://www.iea.org/>>.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEAb). Share of global biodiesel output by country, 2017-2023. Disponível em: <<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/share-of-global-biodiesel-output-by-country-2017-2023>>.

Referências bibliográficas

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). Renewable Energy and jobs – Annual Review 2024. Disponível em: <https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Oct/IRENA_Renewable_energy_and_jobs_2024.pdf>.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (MAPA). A agroenergia no Brasil. MAPA, 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/agroenergia-no-brasil>>. Acesso em 01 de outubro de 2024.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (MAPA). Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, 2006.

OBSERVATÓRIO DE BIOECONOMIA DA FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (OCBIO/FGV). Relatório do 1º trimestre de 2024 do Dashboard de Descarbonização da Matriz de Combustíveis. Observatório de Bioeconomia, 2024.

REN21. Renewables 2024 Global Status Report Collection: Energy Supply (Paris: REN21 Secretariat), 2024. Disponível em: <https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2024_Supply.pdf>.

YANG, Yu et al. Energy transition: Connotations, mechanisms and effects. Energy Strategy Reviews, v. 52, p. 101320, 2024.

AGROENERGIA

Transição Energética Sustentável

Edição Etanol

Relatório



CNA



AGROENERGIA

TRANSIÇÃO ENERGÉTICA SUSTENTÁVEL

FGV

OBSERVATÓRIO
DE BIOECONOMIA

30 de Outubro de 2024