

DINÂMICAS DE DEMANDA E OFERTA DE ENERGIA PELO AGRONEGÓCIO

26 de maio de 2025

FGV Bioeconomia

Conselho Gestor do Observatório de Bioeconomia

Carlos Ivan Simonsen Leal – Presidente da FGV e Presidente do Conselho

André Correa do Lago — Secretário do Clima, Energia e Meio Ambiente do Ministério das Relações Exteriores

Candido B. Bracher — Empresário e conselheiro do Itaú Unibanco

Marcos B. A. Galvão — Embaixador do Brasil na China

Patricia Audi

Roberto Rodrigues — Professor Emérito da FGV

Antonio Carlos Kfourir Aidar — Secretário Executivo do Conselho

Coordenação do Observatório de Bioeconomia

Talita Priscila Pinto — Coordenadora Executiva

Cecília Fagan Costa — Gerente

Autores do estudo

Luciano Rodrigues

Angelo Costa Gurgel

José Guilherme de Oliveira Belon

Sophia Dall Acqua Machado

Talita Priscila Pinto

Data: Maio 2025

Como citar esse documento:

RODRIGUES, L. et al. Dinâmicas de demanda e oferta de energia pelo agronegócio. Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia, Fundação Getúlio Vargas - FGV, São Paulo, SP, Brasil. <https://agro.fgv.br/observatorio-de-bioeconomia/publicacoes>

Patrocinadores:



O patrocínio de centros de pesquisa e projetos de pesquisa não confere aos doadores qualquer ingerência na escolha de métodos ou interferência na determinação dos resultados das pesquisas que patrocinaram. Centros de pesquisa e pesquisadores gozam de plena liberdade acadêmica para realização de suas pesquisas. A FGV se obriga a dar ampla publicidade aos patrocínios recebidos pelas suas unidades de pesquisa.

Sumário

RESUMO EXECUTIVO.....	4
1. INTRODUÇÃO	10
2. CONSUMO DE ENERGIA PELO AGRONEGÓCIO	12
2.1 INDICADORES FAO - <i>FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION</i>	13
2.2 INDICADORES CALCULADOS COM DADOS DO GTAP-POWER	29
3. CONTRIBUIÇÃO DO AGRONEGÓCIO NA GERAÇÃO DE ENERGIA	38
3.1 BASE DE DADOS E ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	39
3.1.1 APROPRIAÇÃO DA ENERGIA GERADA A PARTIR DO BIOGÁS.....	44
3.1.2 APROPRIAÇÃO DA ENERGIA GERADA A PARTIR DA QUEIMA DE LENHA.....	45
3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
3.2.1 OFERTA DE BIOENERGIA VINCULADA AO AGRONEGÓCIO.....	49
3.2.2 USOS E DESTINOS DA BIOENERGIA VINCULADA AO AGRONEGÓCIO.....	54
4. CONCLUSÃO	61
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
6. APÊNDICES	66

RESUMO EXECUTIVO

O agronegócio brasileiro tem sido tradicionalmente reconhecido como um dos principais pilares da segurança alimentar global e da competitividade econômica nacional. Nas últimas décadas, consolidou-se como protagonista nos mercados internacionais de alimentos, fibras e insumos agroindustriais. No entanto, o papel do setor no contexto da transição energética e da descarbonização econômica tem adquirido crescente relevância, abrindo espaço para novas interpretações e agendas estratégicas.

Essa relevância decorre de uma dinâmica dual ainda pouco explorada de maneira integrada: de um lado, o agronegócio brasileiro é consumidor intensivo de energia, seja em suas operações primárias, seja em suas cadeias logísticas e de processamento; de outro, consolida-se como provedor estratégico de bioenergia moderna, desempenhando função central na sustentação da elevada participação de fontes renováveis na matriz energética nacional.

No campo do consumo, o setor agropecuário brasileiro apresenta eficiência energética física e econômica superior à média mundial, resultado de fatores estruturais como clima tropical favorável, elevada produtividade por hectare e predomínio de sistemas extensivos. Entretanto, essa eficiência convive com uma elevada dependência de combustíveis fósseis, especialmente diesel, que expõe o setor a riscos econômicos, geopolíticos e climáticos, além de impor desafios adicionais à competitividade em mercados globais cada vez mais exigentes em pegada de carbono e sustentabilidade das cadeias agroalimentares.

No campo da oferta, o agronegócio brasileiro se consolida como um dos principais provedores de energia renovável do país, responsável por aproximadamente 60% da energia renovável disponível em 2023. A trajetória da bioenergia vinculada ao setor evidencia não apenas sua relevância histórica, mas também sua capacidade de diversificação tecnológica, alcançando segmentos industriais, logísticos e energéticos de difícil substituição por fontes não fósseis.

Ao abordar essas duas dimensões de forma integrada, este estudo busca preencher uma lacuna analítica relevante e apresentar, de forma inédita e sistematizada, o papel ampliado do agronegócio brasileiro na matriz energética nacional, suas vulnerabilidades, desafios e potencialidades no contexto da transição energética e climática global.

Para tanto, foram utilizadas metodologias robustas, combinando dados diretos e físicos de consumo energético (FAO, IBGE, EPE), modelagem insumo-produto multirregional (GTAP-Power) e reclassificação metodológica do Balanço Energético Nacional (BEN), assegurando a

comparabilidade internacional dos resultados, a rastreabilidade das rotas bioenergéticas e a consistência técnica das análises.

Esse diagnóstico ampliado contribui para posicionar o agronegócio brasileiro não apenas como fornecedor global de alimentos, mas também como protagonista estratégico da bioeconomia tropical, da transição energética nacional e das soluções sustentáveis de baixo carbono, com potencial de ampliar sua inserção em cadeias globais de valor baseadas em critérios ambientais, sociais e climáticos mais exigentes.

CONSUMO DE ENERGIA PELO AGRONEGÓCIO

O consumo de energia pelo setor agropecuário brasileiro é tema central nas discussões sobre a eficiência produtiva, competitividade internacional e descarbonização econômica. Em um contexto de crescente exigência por cadeias produtivas sustentáveis, conhecer a pegada energética do agronegócio brasileiro, sua intensidade por área, produto e valor agregado, bem como o perfil da matriz utilizada, é fundamental para informar políticas públicas, estratégias empresariais e posicionamento do país em mercados globais de baixo carbono.

Este estudo analisou, de forma inédita e comparativa, o consumo de energia pelo agronegócio brasileiro a partir de duas abordagens complementares:

- Dados físicos e diretos de consumo energético no setor agropecuário, utilizando as bases da FAO (2025), IBGE (2023) e EPE (2023), permitindo comparabilidade internacional.
- Estimativas agregadas do consumo de energia direta e indireta, com base no modelo de insumo-produto multirregional GTAP-Power (AGUIAR et al., 2019), incorporando energia embutida em insumos, serviços e logística agropecuária.

Os resultados revelam que o Brasil apresenta intensidade energética física (GJ/ha) e econômica (GJ/USD1000) inferior à média global, situando-se entre os países de melhor desempenho em termos de eficiência no uso de energia no setor agropecuário. Essa vantagem decorre das condições climáticas favoráveis, da alta produtividade por hectare e da predominância de sistemas produtivos extensivos de sequeiro, com menor dependência de irrigação e climatização intensiva.

Entretanto, o setor agropecuário brasileiro mantém uma elevada dependência de combustíveis fósseis, especialmente diesel, que responde por 73% da energia direta consumida no campo, valor superior à média mundial (70%). A eletricidade representa 27% do consumo energético da

agropecuária nacional, índice próximo ao global, mas com potencial estratégico ainda subexplorado, considerando a matriz elétrica brasileira majoritariamente renovável (EPE, 2023).

Os indicadores derivados do GTAP-Power reforçam a eficiência relativa do setor, indicando que o consumo agregado de energia por valor adicionado da agropecuária brasileira é de 1,2 GJ/USD1000, inferior à média mundial de 1,5 GJ/USD1000, e que a energia representa apenas 4,2% dos custos agregados do setor, abaixo da média global (5,7%). Contudo, o modelo evidencia que as estatísticas diretas nacionais tendem a subestimar a energia incorporada em insumos, transportes e processos industriais da cadeia, reforçando a necessidade de abordagens híbridas e triangulações metodológicas mais robustas, alinhadas às práticas recomendadas por FAO, IEA e IPCC.

Esses achados reforçam que o agronegócio brasileiro possui vantagens competitivas importantes em termos de eficiência energética física e econômica, mas permanece exposto a riscos econômicos e climáticos associados à sua dependência de fósseis, especialmente em segmentos de produção de *commodities* agrícolas e pecuárias de baixo valor agregado.

Diante desse cenário, o fortalecimento da competitividade do agro brasileiro frente às transições energéticas globais e às demandas por descarbonização passa por:

- Acelerar a eletrificação de operações agropecuárias, aproveitando a matriz elétrica limpa do país.
- Expandir o uso de biocombustíveis em substituição ao diesel nas operações no campo, intensificando as iniciativas de adoção do biogás, etanol e do próprio biodiesel em veículos pesados, reduzindo a vulnerabilidade associada à elevada dependência do diesel.
- Fortalecer políticas de eficiência energética no setor rural, ampliando a adoção de tecnologias de baixa emissão e promovendo cadeias produtivas com menor pegada de carbono incorporado.

Ao mesmo tempo em que o setor agropecuário brasileiro enfrenta desafios estruturais em seu perfil de consumo energético, consolidando a necessidade de acelerar sua transição interna, sua contribuição histórica e atual na oferta de bioenergia moderna evidencia que o agro brasileiro é também peça central na sustentação da matriz energética renovável nacional. Nesse sentido, o estudo se aprofunda na análise da trajetória, magnitude e relevância da bioenergia agropecuária na matriz energética brasileira, consolidando a visão ampliada do agronegócio como vetor estratégico da transição energética do país.

CONTRIBUIÇÃO DO AGRONEGÓCIO NA GERAÇÃO DE ENERGIA

A produção de energia a partir de recursos biológicos oriundos do setor agropecuário tem adquirido crescente relevância nas discussões sobre a matriz energética brasileira. A conversão da biomassa em energia — por meio de processos térmicos, bioquímicos ou físico-químicos — posiciona o agronegócio como um potencial vetor estratégico da transição energética no país. Essa hipótese se apoia nas vantagens comparativas do Brasil: clima favorável, ampla disponibilidade de terras agricultáveis e uma base agroindustrial consolidada, que tornam o território nacional particularmente eficiente na conversão de energia solar em biomassa via fotossíntese. No entanto, qual é, de fato, a magnitude da contribuição da bioenergia agropecuária à matriz energética nacional? Em que medida o agronegócio, tradicionalmente voltado à produção de alimentos, também se consolida como provedor de energia renovável? E qual o seu peso real diante dos atuais desafios de descarbonização global?

Com o objetivo de responder a essas questões, o estudo analisou a trajetória da bioenergia vinculada ao agronegócio brasileiro com base na série histórica do Balanço Energético Nacional (BEN) entre 1970 e 2023. Para isso, foi estruturada uma reclassificação metodológica da estrutura do BEN, diferenciando as fontes renováveis associadas ao setor agropecuário daquelas sem vínculo com as atividades desse setor, como solar, eólica e hídrica. Adicionalmente, adotou-se um critério técnico para estimar a participação da bioenergia em setores nos quais a rastreabilidade direta da fonte é inviável, como no caso do consumo de eletricidade.

Os resultados revelam que a participação da bioenergia agropecuária na matriz energética brasileira passou por uma trajetória de expansão expressiva nas últimas cinco décadas. Em 1970, essa fonte representava 6,5 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (TEP), ou 9,7% da oferta interna de energia (OIE). Desde então, observou-se um crescimento sustentado, com inflexões positivas em períodos-chave: após o lançamento do Proálcool, nos anos 1980; e a partir de 2003, com a consolidação do etanol hidratado, a introdução dos veículos *flex-fuel*, o avanço da bioeletricidade e a implementação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB). Em 2020, a participação da bioenergia do agronegócio atingiu o pico histórico de 30,1% da OIE, mantendo-se em patamar elevado em 2023, com 29,1%.

Esse protagonismo traduz-se também em sua contribuição relativa dentro das fontes renováveis. Em 2023, a bioenergia vinculada ao agronegócio foi responsável por aproximadamente 60% da energia renovável disponível no país. Caso essa contribuição fosse desconsiderada, a participação

de fontes renováveis na matriz energética brasileira cairia de 49,1% para cerca de 20%, aproximando-se da média global, atualmente estimada em 15%. Os dados evidenciam, portanto, que a liderança brasileira no uso de energias renováveis está diretamente associada ao desempenho do setor agropecuário na produção e fornecimento de bioenergia.

O estudo também evidencia a crescente diversificação das rotas bioenergéticas no país. Inicialmente concentrada no uso da lenha e da biomassa da cana-de-açúcar, a oferta de energia pelo setor agropecuário passou a incorporar, ao longo do tempo, novas fontes como a lixívia (resíduo da produção de celulose), óleos vegetais, biogás e outras biomassas agrícolas, especialmente milho e soja. Essa evolução indica uma ampliação significativa do portfólio energético do agronegócio, com impactos tanto na segurança energética quanto na redução da intensidade de carbono da matriz nacional.

Do ponto de vista setorial, além do próprio setor agropecuário, os principais destinos da bioenergia do agro em 2023 foram: (i) a indústria, com destaque para os subsetores de alimentos e bebidas, papel e celulose, ferroligas e cerâmica; (ii) o setor energético, com uso expressivo em cogeração e autoprodução; e (iii) os transportes, em função do etanol e do biodiesel. Em subsetores como alimentos e papel, a bioenergia do agro supera 70% da matriz energética utilizada, configurando-se não apenas como alternativa às fontes fósseis, mas como base energética dominante.

Esses resultados evidenciam que o agronegócio passou a desempenhar um papel dual na economia brasileira contemporânea: além de sua função tradicional na produção de alimentos e insumos, consolida-se como um dos principais provedores de energia renovável no país. Sua contribuição vai além da geração de eletricidade ou de combustíveis líquidos, tornando-se componente estruturante na matriz de consumo energético de setores industriais intensivos em calor, como alimentos e bebidas, papel e celulose, cerâmica e metalurgia.

Essa atuação ampliada articula dimensões estratégicas como segurança alimentar, sustentabilidade ambiental e segurança energética. Ao fazê-lo, projeta o agronegócio brasileiro para além do abastecimento de mercados globais de alimentos, posicionando-o também como um fornecedor relevante de soluções energéticas limpas e renováveis.

CONCLUSÃO

Os resultados apresentados reforçam que o agronegócio brasileiro desempenha, na atualidade, um papel dual e estratégico na matriz energética e na economia nacional. De um lado, como setor produtivo, o agro brasileiro demonstra desempenho eficiente no uso de energia, com intensidade

física e econômica inferior à média global. Essa eficiência, contudo, convive com uma elevada dependência de combustíveis fósseis, especialmente diesel, o que expõe o setor a vulnerabilidades econômicas, climáticas e geopolíticas, exigindo avanços estruturantes na transição energética interna do campo brasileiro.

De outro lado, o agronegócio consolida-se como protagonista na produção e fornecimento de bioenergia moderna, sustentando a elevada participação de renováveis na matriz energética nacional. Em 2023, a bioenergia vinculada ao setor respondeu por aproximadamente 29,1% da oferta interna de energia, contribuindo com 60% da energia renovável consumida no país — um valor sem paralelo em economias de perfil agroindustrial semelhante.

Essa contribuição histórica, além de consolidar a liderança brasileira em renováveis, evidencia a capacidade do agronegócio em articular suas funções tradicionais de produção de alimentos e fibras com uma função ampliada, como provedor estruturante de energia limpa, especialmente em setores industriais e logísticos de difícil eletrificação ou substituição direta por fontes não fósseis.

Esse papel dual — como demandante e fornecedor estratégico de energia — posiciona o agronegócio como peça-chave nas transições energética, econômica e climática brasileiras, com implicações diretas na competitividade do país em cadeias globais de alimentos, bioenergia, bioeconomia e produtos de baixo carbono.

Para consolidar esse protagonismo ampliado, será necessário avançar em uma agenda integrada de políticas públicas, investimentos em inovação tecnológica, estímulos à eletrificação, incluindo a infraestrutura necessária ao suprimento de energia elétrica no campo, e incentivos ao uso de biocombustíveis em substituição ao diesel na modernização das operações agropecuárias, bem como o fortalecimento das cadeias bioenergéticas tropicais, integrando o setor rural às estratégias nacionais de segurança energética, descarbonização econômica e inserção competitiva em mercados globais de produtos sustentáveis.

Ao fazê-lo, o agronegócio brasileiro não apenas sustentará seu papel como fornecedor global de alimentos, mas se consolidará como provedor estratégico de soluções energéticas renováveis, competitivas e sustentáveis, ancoradas em sua vantagem comparativa na produção de biomassa, sua base agroindustrial consolidada e sua capacidade de liderar uma bioeconomia tropical de baixo carbono.

1. INTRODUÇÃO

O setor agropecuário brasileiro ocupa uma posição estratégica tanto na segurança alimentar global quanto na matriz econômica e energética nacional. Tradicionalmente associado à produção de alimentos, fibras e matérias-primas, o agronegócio brasileiro também desponta como um dos principais vetores da transição energética no país, seja pelo seu papel como demandante de energia em suas atividades produtivas, seja como fornecedor relevante de bioenergia moderna (IEA, 2023; IPCC, 2023).

Essa dualidade de papéis – consumidor e produtor de energia – impõe novos desafios analíticos e estratégicos, exigindo diagnósticos mais robustos, metodologias transparentes e a integração de abordagens distintas que considerem tanto as dimensões físicas e econômicas do consumo energético quanto a contribuição efetiva do setor na oferta de energia renovável.

No contexto internacional, diversos estudos (PELLETIER et al., 2011; CHEN et al., 2020; QIN et al., 2024) têm aprofundado a análise da intensidade energética na agropecuária, utilizando métricas consolidadas como energia por hectare, por tonelada de produto ou por unidade de valor agregado. Contudo, persistem desafios metodológicos importantes, especialmente relacionados à falta de dados harmonizados, à subestimação da energia indireta incorporada (como fertilizantes, defensivos e máquinas) e às limitações de comparabilidade entre regiões tropicais e temperadas (PELLETIER et al., 2011; MRÓWCZYŃSKA-KAMIŃSKA et al., 2024).

No caso brasileiro, os poucos estudos existentes indicam que o país apresenta uma pegada energética física relativamente eficiente por área cultivada, reflexo da extensividade produtiva e da alta incidência solar, mas enfrenta gargalos significativos na eficiência energética por tonelada de produto ou por valor agregado, além de uma elevada dependência de diesel em suas operações primárias (IEA, 2023; BID, 2021).

Ao mesmo tempo, a relevância da bioenergia vinculada ao agronegócio brasileiro é pouco explorada na literatura internacional, sendo fundamental para sustentar a elevada participação de fontes renováveis na matriz energética nacional (BEN, 2024).

Nesse contexto, este estudo busca preencher lacunas analíticas ao oferecer uma visão integrada e inédita da relação entre o agronegócio brasileiro e a energia, abordando duas dimensões complementares:

1. Consumo de energia pelo agronegócio brasileiro, em perspectiva comparativa internacional, utilizando indicadores consolidados de intensidade energética com base em dados da FAO (2025) e GTAP-Power (Aguiar et al., 2019), abordando tanto energia direta quanto fluxos econômicos agregados.
2. Contribuição do agronegócio brasileiro na oferta de energia, com foco na bioenergia, por meio de uma reclassificação metodológica do Balanço Energético Nacional (BEN) e da apropriação das rotas tecnológicas vinculadas ao setor agropecuário.

Ao combinar essas abordagens, o estudo busca oferecer uma leitura ampliada, comparável e transparente da posição do Brasil no cenário global, dos desafios e oportunidades do setor agropecuário na transição energética, e da importância estratégica da agroenergia para a segurança energética, a sustentabilidade ambiental e a competitividade brasileira nos mercados globais de baixo carbono.

Três questões centrais norteiam a investigação:

- i. *Qual é a intensidade energética do setor agropecuário brasileiro frente aos principais países produtores, considerando diferentes métricas físicas e econômicas?*
- ii. *Qual é a magnitude e a trajetória histórica da contribuição da bioenergia do agronegócio brasileiro para a matriz energética nacional?*
- iii. *Quais as oportunidades, desafios e recomendações para fortalecer o papel do agro brasileiro como ator-chave da transição energética global e da descarbonização econômica?*

Este relatório está estruturado em dois capítulos principais. O Capítulo 2, que apresenta a análise do consumo de energia pelo agronegócio, com foco na eficiência, intensidade e perfil energético setorial. E o Capítulo 3, que aprofunda a contribuição do agronegócio na geração de energia, com ênfase na bioenergia, suas rotas tecnológicas, destinos setoriais e relevância para a matriz nacional.

Ao adotar uma abordagem metodológica integrada, ancorada em dados robustos e reconhecidos internacionalmente, o estudo busca subsidiar políticas públicas, estratégias setoriais e investimentos que posicionem o Brasil como protagonista global na produção sustentável de alimentos e energia.

2. CONSUMO DE ENERGIA PELO AGRONEGÓCIO

O setor agropecuário brasileiro desempenha papel estratégico tanto na segurança alimentar global quanto na matriz econômica e energética nacional. No entanto, ao mesmo tempo em que é reconhecido por sua eficiência produtiva em áreas tropicais, o setor enfrenta desafios crescentes relacionados à sua pegada energética, às exigências de eficiência no uso de recursos e à pressão internacional por cadeias agroalimentares de baixo carbono (IEA, 2023; IPCC, 2023).

A relação entre o agronegócio e o consumo de energia é multifacetada. O setor agropecuário é, por natureza, um demandante relevante de energia em diversas etapas produtivas – desde a mecanização agrícola, passando pela irrigação, climatização de ambientes produtivos, até o transporte de insumos e produtos. Segundo a FAO (2025), a agropecuária mundial é responsável por aproximadamente 30% do consumo de energia quando consideradas todas as etapas diretas e indiretas da cadeia. No Brasil, apesar da elevada participação de fontes renováveis na matriz elétrica nacional (EPE, 2023), a agropecuária ainda apresenta significativa dependência de combustíveis fósseis, em especial óleo diesel, para suas operações primárias (IEA, 2023).

A compreensão detalhada dos padrões de consumo de energia pelo setor agropecuário brasileiro, em perspectiva internacional, é fundamental não apenas para diagnosticar a posição do país em termos de eficiência energética e competitividade, mas também para orientar estratégias públicas e privadas no âmbito da transição energética, segurança energética rural e descarbonização do agro brasileiro (IPCC, 2023; IRENA, 2023).

Este capítulo apresenta uma análise comparativa aprofundada do consumo de energia pelo setor agropecuário brasileiro, com base em dados harmonizados da FAO (2025) e GTAP (2025). São utilizados indicadores consolidados internacionalmente, que abrangem tanto a intensidade física (energia por hectare cultivado ou área irrigada) quanto a intensidade econômica (energia por valor agregado), além de métricas sobre a participação de combustíveis fósseis e eletricidade na matriz agropecuária. Os objetivos principais deste capítulo são:

- Avaliar a intensidade energética do setor agropecuário brasileiro em comparação com países selecionados, sob diferentes métricas reconhecidas internacionalmente.
- Identificar as principais características e desafios associados ao padrão de consumo energético no agro brasileiro.

- Evidenciar oportunidades de ganho de eficiência energética, redução da dependência de fósseis e avanço em direção a sistemas produtivos mais resilientes, sustentáveis e competitivos no contexto das transições energéticas globais.

Esta abordagem busca contribuir para a construção de um diagnóstico técnico robusto, subsidiando políticas públicas, iniciativas setoriais e investimentos voltados à eficiência energética e à transição sustentável do agronegócio brasileiro.

2.1 INDICADORES FAO - *FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION*

A avaliação do consumo de energia pelo setor agropecuário brasileiro demanda, como ponto de partida, o exame dos indicadores físicos consolidados internacionalmente, que permitem aferir a intensidade energética do setor sob diferentes métricas de desempenho. Neste contexto, os dados reportados pela *Food and Agriculture Organization* (FAO), reconhecida como referência global na produção de estatísticas agropecuárias harmonizadas, oferecem uma base consistente para posicionar o Brasil em perspectiva comparativa. Ao utilizar as estimativas da FAO referentes ao consumo direto de energia no setor primário – abrangendo combustíveis fósseis, eletricidade, biomassa e outras fontes utilizadas diretamente nas atividades agrícolas e pecuárias – é possível medir a energia consumida por hectare cultivado, por tonelada de produto gerado e por unidade de valor agregado da produção agropecuária. Essas métricas permitem avaliar não apenas a eficiência física do uso da energia no campo, mas também sua relação com a produtividade e o desempenho econômico setorial. Trata-se de uma abordagem fundamental para compreender as dinâmicas energéticas da agropecuária brasileira no cenário global, identificar padrões de eficiência e ineficiência, e evidenciar as vantagens e limitações estruturais que influenciam o perfil energético do setor em comparação a outros grandes produtores agrícolas.

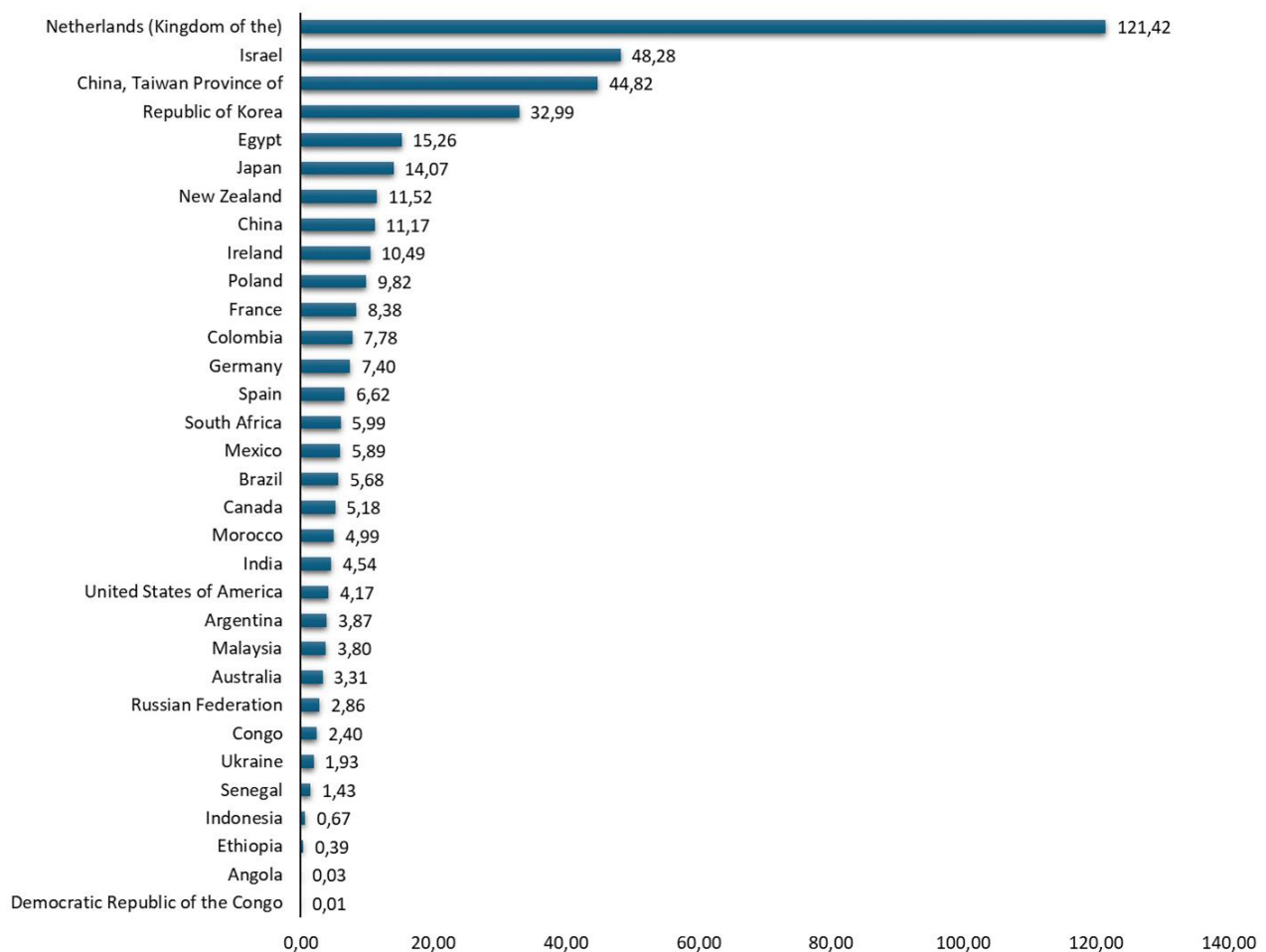
INDICADOR 1: USO DE ENERGIA POR ÁREA DE CULTURAS E FLORESTAS PLANTADAS E MANEJADAS (EM GJ/HA)

O uso de energia por área de culturas e florestas plantadas constitui uma métrica amplamente reconhecida na literatura internacional para avaliar a intensidade energética dos sistemas agropecuários e florestais (PELLETIER et al., 2011; FAO, 2023; IEA, 2023). Este indicador é particularmente relevante, pois concentra a análise sobre as áreas produtivas de alta intensidade técnica, excluindo pastagens extensivas, que possuem baixa demanda energética direta, o que permite maior comparabilidade internacional e mais precisão na aferição da eficiência energética por área efetivamente cultivada (GHISELLINI et al., 2015).

Em 2022, segundo dados da FAO (2025), a agropecuária brasileira apresentou uma intensidade de consumo de energia de 5,7 GJ por hectare dedicado às culturas e florestas plantadas e manejadas, valor que se posiciona ligeiramente acima da média global, estimada em 5,5 GJ/ha. Este patamar coloca o Brasil em uma posição intermediária entre grandes produtores agrícolas.

Comparativamente, o Brasil apresenta maior intensidade energética que países como Argentina (3,9 GJ/ha), EUA (4,2 GJ/ha) e Índia (4,5 GJ/ha), mas ainda inferior a países europeus, como Espanha, França e Alemanha, cujos valores variam de 6,6 a 10,5 GJ/ha. Destaca-se que países altamente tecnológicos e de agricultura protegida, como Holanda (121 GJ/ha), Israel (48,3 GJ/ha) e Japão (14,1 GJ/ha), exibem intensidades muito superiores, reflexo do uso intensivo de energia em estufas, irrigação pressurizada, climatização e automação de processos (GHISELLINI et al., 2015; QIN et al., 2024).

FIGURA 1. USO DE ENERGIA POR ÁREA DE CULTURAS E FLORESTAS PLANTADAS E MANEJADAS 2022 (EM GJ/HA)



Fonte: Elaboração própria com dados da FAO (2025).

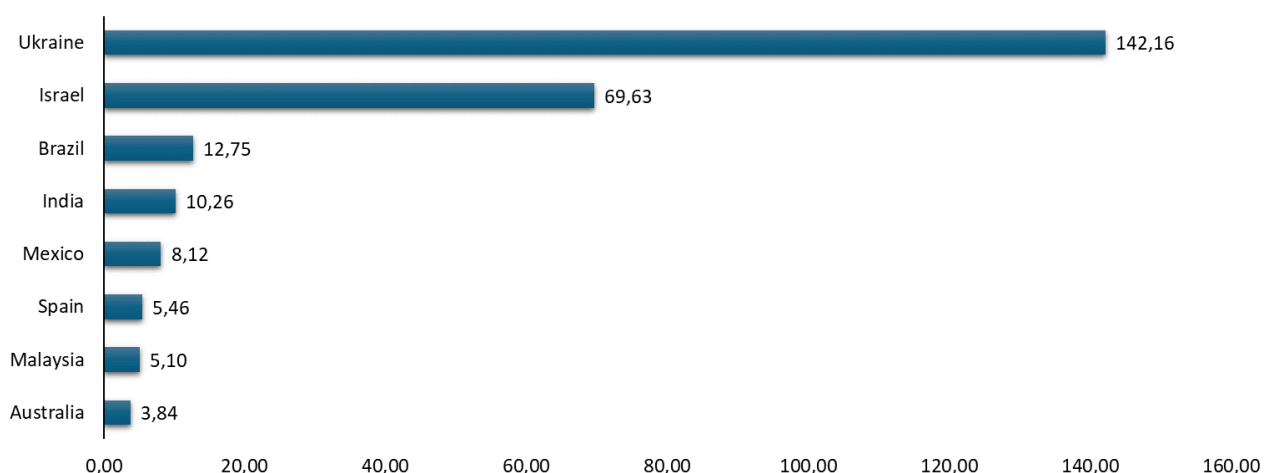
Esse indicador reflete, em grande medida, a natureza extensiva e baseada em clima favorável da agricultura brasileira, que permite múltiplos cultivos ao longo do ano com menor dependência de insumos energéticos externos em relação a países de clima temperado (BID, 2021). Entretanto, revela também que, apesar dessa vantagem climática, o Brasil ainda possui oportunidades de ganho em eficiência energética por unidade de área manejada, especialmente frente aos desafios globais de descarbonização e eficiência de recursos (IEA, 2023; IPCC, 2023).

INDICADOR 2: USO DE ELETRICIDADE NA AGROPECUÁRIA POR ÁREA IRRIGADA (GJ/HA)

A irrigação é uma das tecnologias agrícolas com maior intensidade no uso de eletricidade, especialmente em sistemas que utilizam irrigação pressurizada, pivôs centrais ou microaspersão (QIN et al., 2024; FAO, 2023). Este indicador busca mensurar o consumo de eletricidade por área irrigada, oferecendo uma proxy da eficiência energética associada às práticas irrigadas e à infraestrutura agrícola, bem como da dependência de eletricidade nas áreas que demandam esse recurso.

Segundo dados da FAO (2025), o Brasil registrou, em 2022, um consumo de 12,7 GJ de eletricidade por hectare irrigado, valor superior à média mundial, estimada em 9,4 GJ/ha. Este desempenho posiciona o Brasil como o terceiro país mais intensivo entre os oito países analisados com dados disponíveis, atrás apenas de Israel (69 GJ/ha) e Ucrânia (142 GJ/ha), mas superior à Índia, México e África do Sul, que apresentam indicadores inferiores.

FIGURA 2. USO DE ELETRICIDADE NA AGROPECUÁRIA POR ÁREA IRRIGADA (EM GJ/HA)



Fonte: Elaboração própria com dados da FAO (2025).

É importante destacar que a área irrigada no Brasil corresponde a menos de 4% da área agropecuária total e cerca de 15% da área de culturas, refletindo uma agricultura ainda majoritariamente dependente do regime de chuvas (FAO, 2025). Essa baixa participação contribui para que o indicador apresente um viés de concentração, visto que a eletricidade consumida no agro tende a ser direcionada às áreas mais tecnificadas e intensivas, resultando em um valor elevado por hectare irrigado.

Apesar de fornecer um indicativo relevante da intensidade energética por área irrigada, este indicador apresenta limitações metodológicas reconhecidas pela FAO e IEA:

- Baixa comparabilidade internacional: Muitos países não reportam separadamente o consumo de eletricidade para irrigação ou possuem dados desatualizados ou inconsistentes.
- Dificuldade em isolar o consumo exclusivamente para irrigação: Parte da eletricidade consumida na agropecuária também é utilizada em climatização, secagem de grãos, ordenha mecanizada, entre outros usos, dificultando a segmentação precisa.
- Ausência de dados sobre tipos de irrigação: Sistemas de irrigação mais eficientes, como gotejamento, demandam menos energia que pivôs ou aspersão convencional, o que não é capturado pelo indicador.

Por essas razões, o uso deste indicador deve ser interpretado como uma aproximação inicial da intensidade elétrica nas áreas irrigadas, devendo sempre ser complementado com análises qualitativas sobre os sistemas de irrigação predominantes, tecnologias empregadas e matriz elétrica nacional (QIN et al., 2024; IEA, 2023).

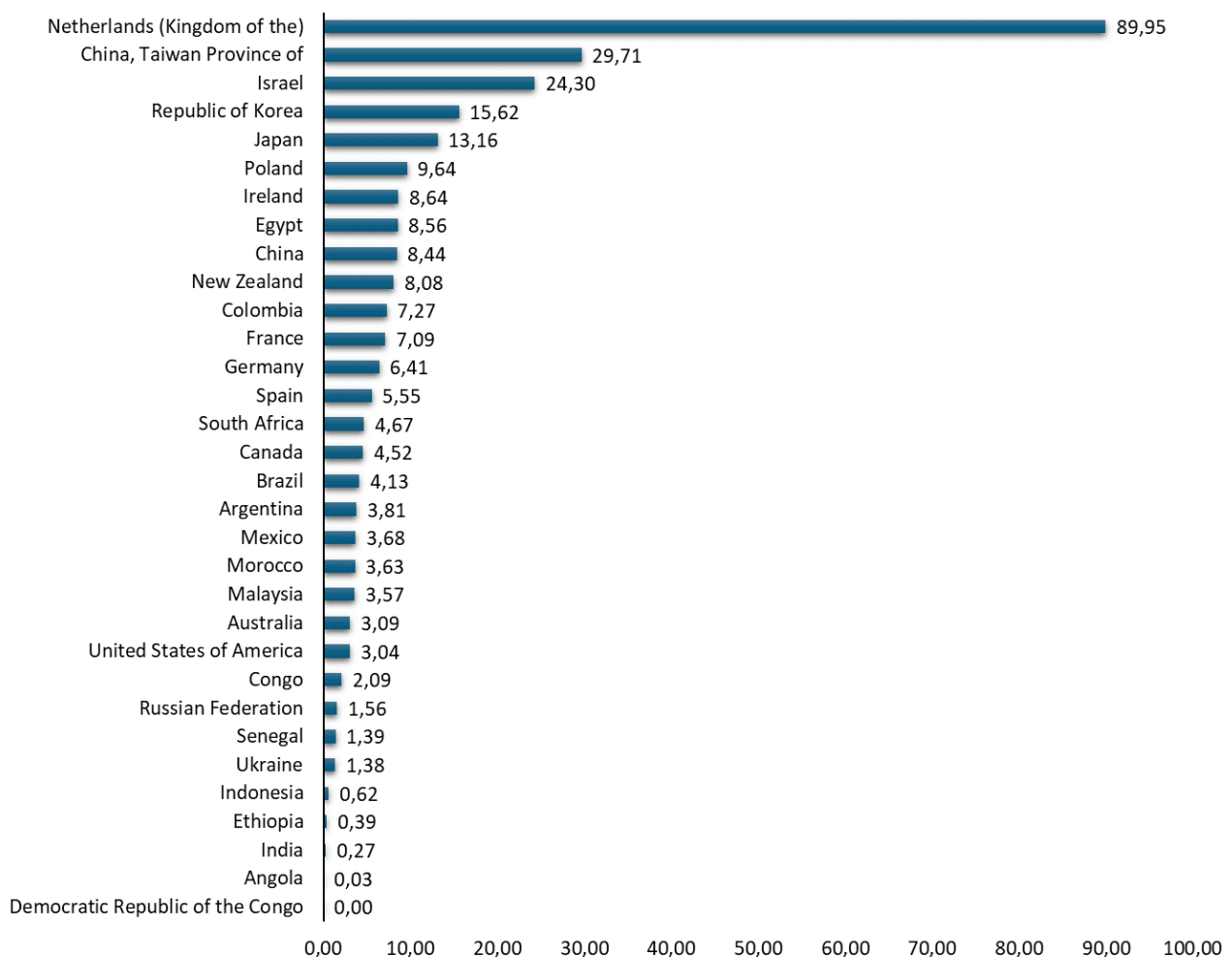
INDICADOR 3: USO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS POR ÁREA DE CULTURAS E FLORESTAS (GJ/HA)

Este indicador estima o consumo direto de energia de origem fóssil – incluindo derivados do petróleo (diesel, gasolina, querosene), gás natural e carvão mineral – por hectare dedicado à produção de culturas agrícolas e florestas plantadas (FAO, 2025; IEA, 2023). Trata-se de uma métrica amplamente utilizada para aferir a intensidade de uso de insumos energéticos fósseis em atividades produtivas agrícolas, sendo fundamental para avaliar a pegada de carbono associada ao consumo de energia no setor (PELLETIER et al., 2011; IPCC, 2023).

Em 2022, o Brasil apresentou uma intensidade de 4,1 GJ de combustíveis fósseis por hectare de culturas e florestas plantadas, valor ligeiramente superior à média mundial, estimada em 4,0 GJ/ha (FAO, 2025).

Este patamar posiciona o país acima de concorrentes diretos como Argentina (3,8 GJ/ha), México (3,7 GJ/ha) e Estados Unidos (3,0 GJ/ha), mas abaixo de países da União Europeia, como Alemanha (5,6 GJ/ha), França (6,6 GJ/ha), e de outras nações de agricultura intensiva, como Canadá (4,2 GJ/ha), Nova Zelândia (7,2 GJ/ha) e Japão (13,2 GJ/ha). Destaca-se ainda a posição da Holanda e de Israel, que apresentam os maiores níveis globais, com 19,9 GJ/ha e 24,3 GJ/ha, respectivamente, reflexo de sistemas produtivos intensivos em mecanização, climatização e irrigação artificial (GHISELLINI et al., 2015; QIN et al., 2024).

FIGURA 3. USO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS POR ÁREA DE CULTURAS E FLORESTAS (GJ/HA)



Fonte: Elaboração própria com dados da FAO (2025).

A performance brasileira pode ser explicada por alguns fatores estruturais:

- Predominância de sistemas de agricultura extensiva de sequeiro, com menor uso de mecanização intensiva e insumos fósseis por hectare.
- Elevada dependência do diesel nas operações agrícolas, sobretudo nas etapas de preparo do solo, plantio, colheita e transporte (IEA, 2023; OLADE, 2021).
- Baixa penetração de soluções alternativas, como eletrificação de máquinas agrícolas, biogás no campo ou biocombustíveis avançados utilizados no ciclo diesel, que ainda possuem participação marginal no consumo energético direto da agricultura brasileira.

Este indicador evidencia que, mesmo com a vantagem climática e extensividade, o setor agropecuário brasileiro ainda apresenta espaço relevante para otimizar o uso de combustíveis fósseis, seja por meio de ganhos de eficiência mecânica, seja pela substituição gradual por fontes renováveis e tecnologias de baixo carbono (IEA, 2023; IPCC, 2023).

Os dados consideram apenas o consumo direto de energia fóssil no perímetro da propriedade rural (*“farm gate”*), não incluindo a energia incorporada em insumos, máquinas, fertilizantes ou na cadeia de suprimentos (PELLETIER et al., 2011). A FAO (2025) reconhece limitações na comparabilidade internacional devido a diferenças metodológicas de contabilização, heterogeneidade de sistemas produtivos e lacunas de dados em países tropicais.

INDICADOR 4: USO DE ENERGIA POR VALOR DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (GJ/USD1000)

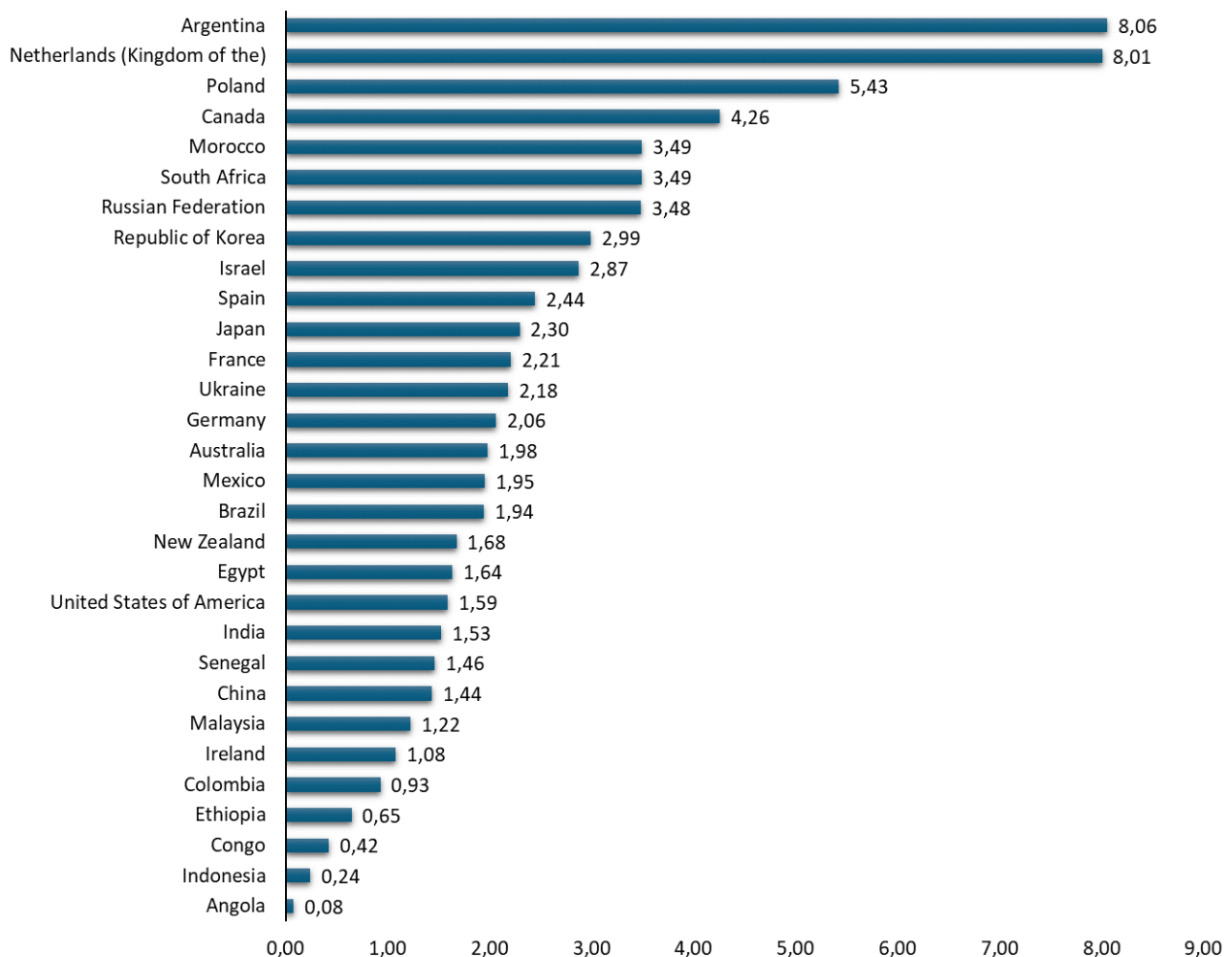
O consumo de energia por valor da produção agropecuária é um indicador consolidado na literatura internacional para mensurar a eficiência energética econômica do setor agropecuário, permitindo avaliar quanto de energia é requerido para gerar cada mil dólares (USD) de valor bruto da produção agropecuária (PELLETIER et al., 2011; FAO, 2023) e aferir a eficiência energética econômica do setor (FAO, 2025; IEA, 2023), o que é especialmente relevante para comparar setores ou países com diferentes estruturas produtivas, perfis tecnológicos e portfólios de produtos (BID, 2021; CHEN et al., 2020).

Em 2022, o Brasil apresentou uma intensidade de uso de energia na agropecuária de 1,9 GJ por mil dólares de valor bruto da produção, patamar próximo à média mundial, estimada em 1,7 GJ/USD1000 (FAO, 2025). Comparativamente, o Brasil demonstrou desempenho superior a diversos países relevantes no cenário global, como:

- Canadá (4,3 GJ/USD1000)
- Rússia (3,5 GJ/USD1000)
- Espanha (2,4 GJ/USD1000)
- Japão (2,3 GJ/USD1000)

Por outro lado, o país ainda apresenta intensidade superior a grandes *players* globais, como Estados Unidos (1,6 GJ/USD1000), China (1,4 GJ/USD1000) e Índia (1,5 GJ/USD1000), os quais demonstram maior eficiência energética econômica (FAO, 2025).

FIGURA 4. USO DE ENERGIA POR VALOR DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (GJ/USD1000)



Fonte: Elaboração própria com dados da FAO (2025).

Este indicador reflete tanto a composição da produção brasileira – majoritariamente baseada em *commodities* agrícolas e pecuárias de baixo valor agregado por unidade – quanto as características

técnicas de produção extensiva e dependente de insumos energéticos fósseis em algumas cadeias (IEA, 2023; BID, 2021).

Importante destacar que a produção agropecuária de países com foco em produtos de alto valor agregado, como flores, hortaliças em estufa ou laticínios especializados, tende a apresentar maior intensidade energética por valor gerado, devido ao uso intensivo de insumos, tecnologias e energia por unidade de produto (GHISELLINI et al., 2015).

No caso brasileiro, os resultados deste indicador demonstram uma vantagem competitiva moderada em termos de eficiência energética econômica, reforçando que o país consegue gerar valor agrícola com consumo energético relativamente eficiente frente a vários países desenvolvidos (FAO, 2025).

Contudo, permanecem desafios associados à melhoria da eficiência dos sistemas produtivos, especialmente na pecuária e em segmentos agroindustriais de menor valor agregado por tonelada produzida (IEA, 2023; IPCC, 2023).

Os dados são calculados a partir do consumo de energia direta no setor agropecuário (combustíveis fósseis, eletricidade) dividido pelo valor bruto da produção agropecuária em dólares constantes, conforme metodologia FAO (2025). Deve-se considerar que variações cambiais, diferenças no *mix* produtivo e métodos de cálculo do valor agregado podem influenciar a comparação internacional, devendo o indicador ser interpretado em conjunto com métricas físicas e econômicas complementares (PELLETIER et al., 2011).

INDICADOR 5: USO DE ENERGIA POR VALOR DA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS (GJ/USD1000)

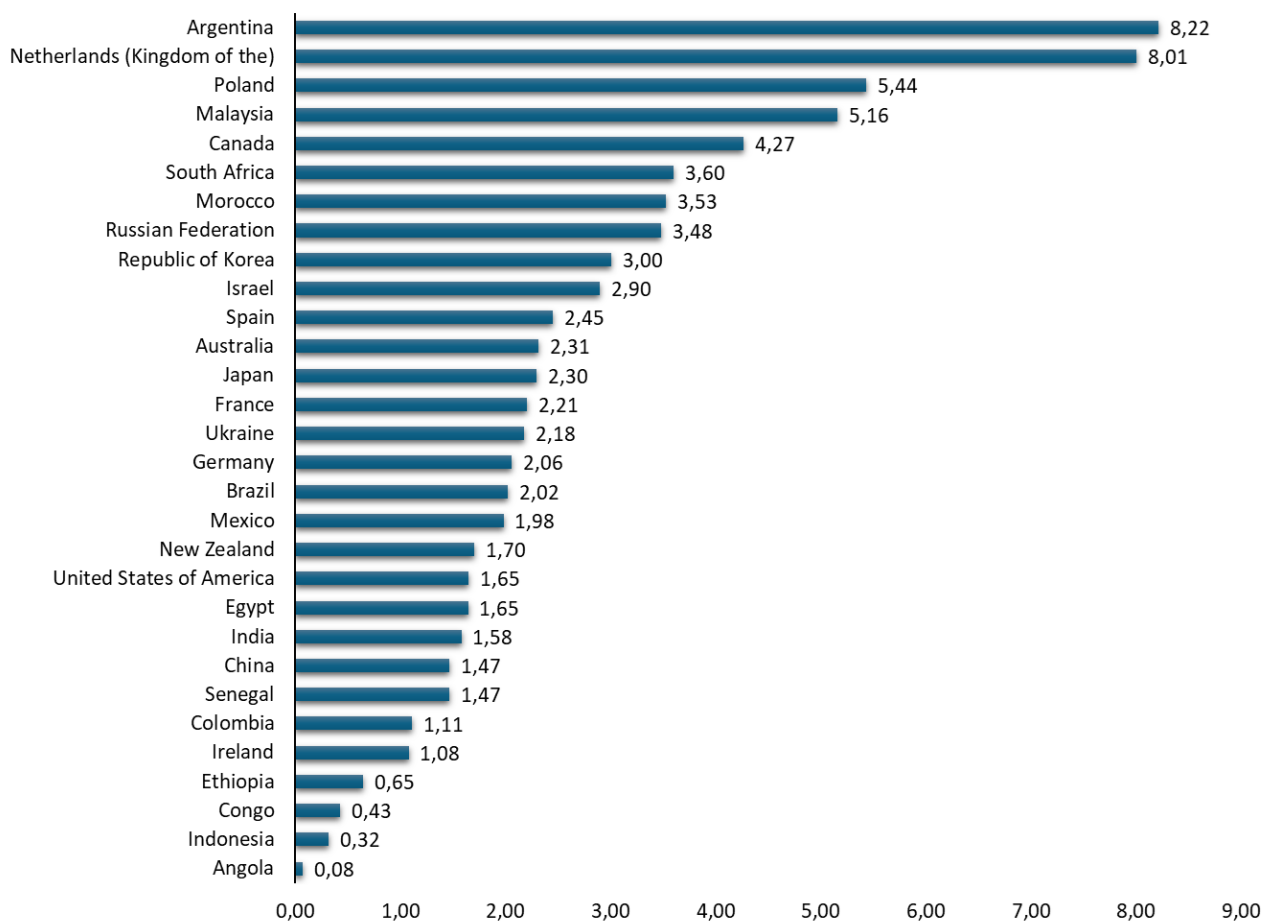
O indicador de consumo de energia por valor da produção de alimentos mede a intensidade energética associada exclusivamente às cadeias agropecuárias voltadas à produção de alimentos, excluindo da análise produtos destinados a bioenergia, fibras, madeira ou outras finalidades não alimentares (FAO, 2025; PELLETIER et al., 2011). Essa métrica é particularmente relevante no contexto das discussões internacionais sobre segurança alimentar e sustentabilidade, pois permite aferir a eficiência energética relativa ao fornecimento de alimentos para a sociedade (IPCC, 2023; BID, 2021).

Em 2022, o Brasil apresentou um consumo de 2,0 GJ de energia por mil dólares de valor da produção de alimentos, valor ligeiramente superior à média global (1,7 GJ/USD1000), mas inferior a diversos países produtores relevantes, como:

- Argentina (8,2 GJ/USD1000)
- Canadá (4,3 GJ/USD1000)
- Espanha (2,4 GJ/USD1000)
- França (2,2 GJ/USD1000)

Por outro lado, o Brasil mantém desempenho superior em eficiência energética econômica de alimentos em relação a países de perfil semelhante ou mais avançado, como Austrália (2,3 GJ/USD1000) e Japão (2,3 GJ/USD1000), e apresenta indicadores apenas ligeiramente superiores aos EUA (1,6 GJ/USD1000), Índia (1,6 GJ/USD1000) e China (1,5 GJ/USD1000) (FAO, 2025).

FIGURA 5. USO DE ENERGIA POR VALOR DA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS (GJ/USD1000)



Fonte: Elaboração própria com dados da FAO (2025).

Esse resultado reforça o posicionamento do Brasil como fornecedor global de alimentos com eficiência energética econômica relativamente competitiva, especialmente frente a países com

sistemas produtivos altamente intensivos em insumos energéticos, como os países europeus (GHISELLINI et al., 2015). Ao mesmo tempo, evidencia que o país possui espaço para avançar na redução da intensidade energética em cadeias alimentares, sobretudo nas etapas de produção e processamento associadas à pecuária e ao processamento primário (IEA, 2023; IPCC, 2023).

A melhora desse indicador é estratégica tanto para os compromissos climáticos do Brasil, quanto para o aumento da competitividade da cadeia de alimentos no cenário global em transição para economias de baixo carbono e com maior eficiência no uso de recursos (IEA, 2023; BID, 2021).

Este indicador considera apenas a energia direta consumida pelas atividades agropecuárias destinadas à produção de alimentos no âmbito da propriedade rural (FAO, 2025). Diferentemente do indicador 4, são excluídas atividades como produção de fibras, biomassa energética ou madeira, permitindo uma visão mais precisa da eficiência do setor alimentar. Ainda assim, limitações persistem, especialmente pela não contabilização da energia indireta incorporada em insumos, fertilizantes, logística ou processamento industrial, conforme reconhecido pela FAO (2025) e a literatura especializada (PELLETIER et al., 2011; HERRMANN et al., 2014).

INDICADOR 6: USO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS POR VALOR DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (GJ/USD1000)

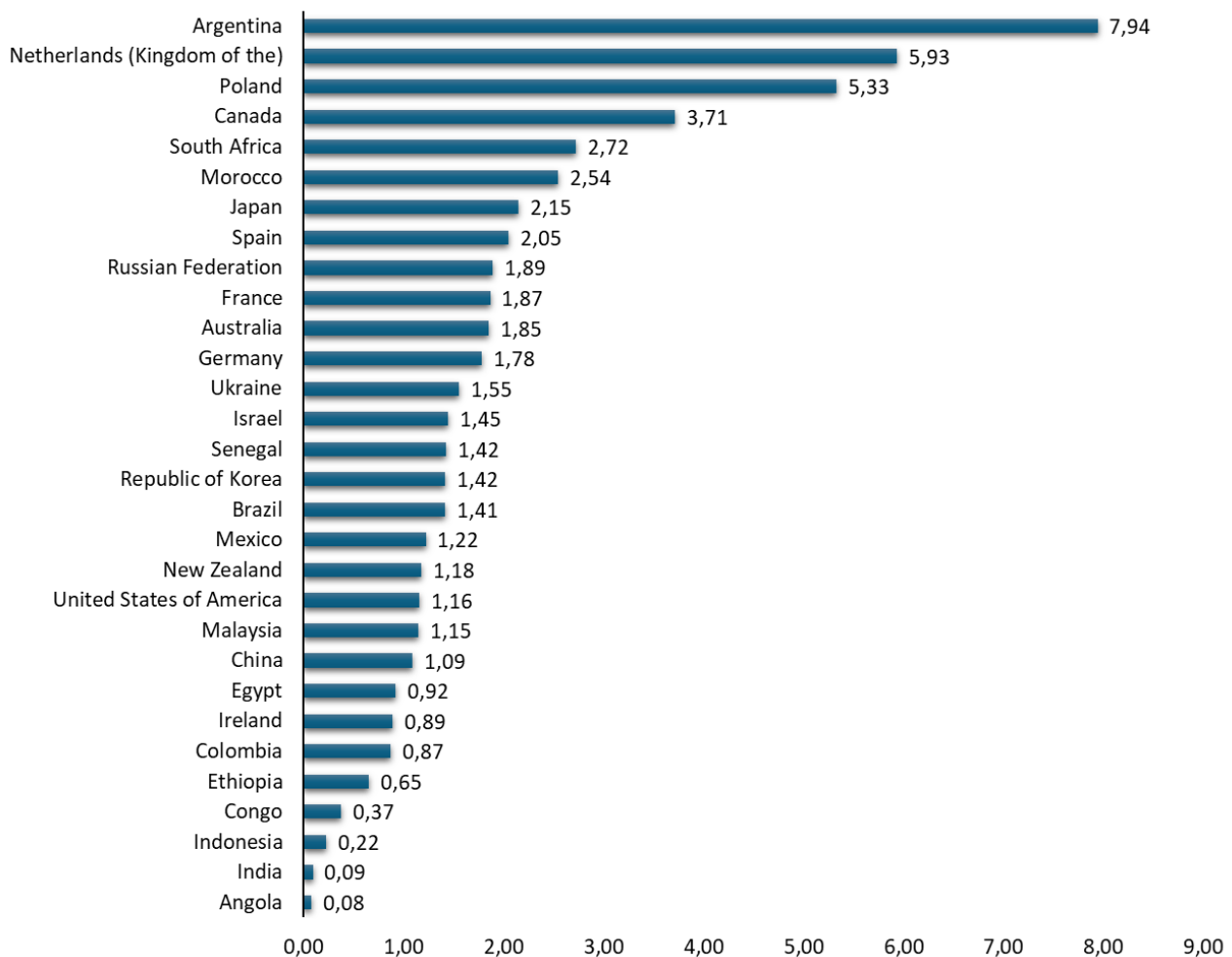
O uso de combustíveis fósseis por valor da produção agropecuária representa uma métrica crítica para avaliar a intensidade de uso de fontes não renováveis em relação ao valor econômico gerado pelo setor agropecuário (FAO, 2025; IEA, 2023). Este indicador é amplamente utilizado para mensurar a dependência relativa de energia fóssil em cadeias produtivas agrícolas e pecuárias, sendo fundamental para avaliar riscos de exposição do setor aos choques de preços de energia e para diagnósticos de descarbonização (PELLETIER et al., 2011; IPCC, 2023).

Em 2022, o Brasil apresentou um consumo de 1,4 GJ de combustíveis fósseis por mil dólares de valor da produção agropecuária, valor ligeiramente superior à média mundial (1,2 GJ/USD1000), mas inferior a diversos países com sistemas produtivos intensivos, como:

- Argentina (7,9 GJ/USD1000)
- Holanda (5,9 GJ/USD1000)
- Canadá (3,7 GJ/USD1000)
- Austrália (1,8 GJ/USD1000)

Por outro lado, o Brasil mantém uma intensidade superior apenas a países como China (1,1 GJ/USD1000), EUA (1,2 GJ/USD1000) e Índia (0,1 GJ/USD1000) (FAO, 2025).

FIGURA 6. USO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS POR VALOR DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (GJ/USD1000)



Fonte: Elaboração própria com dados da FAO (2025).

Este resultado posiciona o país em nível intermediário no cenário global, refletindo a combinação de uma matriz energética ainda baseada em diesel nas operações agrícolas e uma produção predominantemente extensiva, com menor intensidade por área, mas ainda relativamente intensiva em combustíveis fósseis por dólar gerado em cadeias de baixa complexidade econômica (IEA, 2023; BID, 2021).

A manutenção de uma elevada dependência de diesel e outros fósseis no campo brasileiro representa um desafio para as estratégias de descarbonização do setor, além de expor as cadeias

produtivas a vulnerabilidades frente às flutuações do mercado global de petróleo (IPCC, 2023; WEC, 2023).

A redução desse indicador será estratégica para:

- Mitigar riscos econômicos associados a choques de preços de energia fósseis.
- Avançar na agenda de descarbonização do setor agropecuário, alinhando-se às tendências internacionais de substituição de fósseis por biocombustíveis avançados, eletrificação e biogás no campo (IEA, 2023; IRENA, 2023).

Este indicador é calculado pela razão entre o consumo direto de combustíveis fósseis no setor agropecuário (diesel, gasolina, gás natural, carvão mineral) e o valor bruto da produção agropecuária (em dólares constantes), conforme metodologia da FAO (2025). Assim como outros indicadores econômicos, deve ser interpretado considerando as limitações metodológicas relacionadas à não inclusão de energia incorporada em insumos ou logística, bem como variações cambiais e diferenças no mix produtivo entre países (PELLETIER et al., 2011; HERRMANN et al., 2014).

INDICADOR 7: PARTICIPAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS NA ENERGIA TOTAL UTILIZADA NA AGROPECUÁRIA (%)

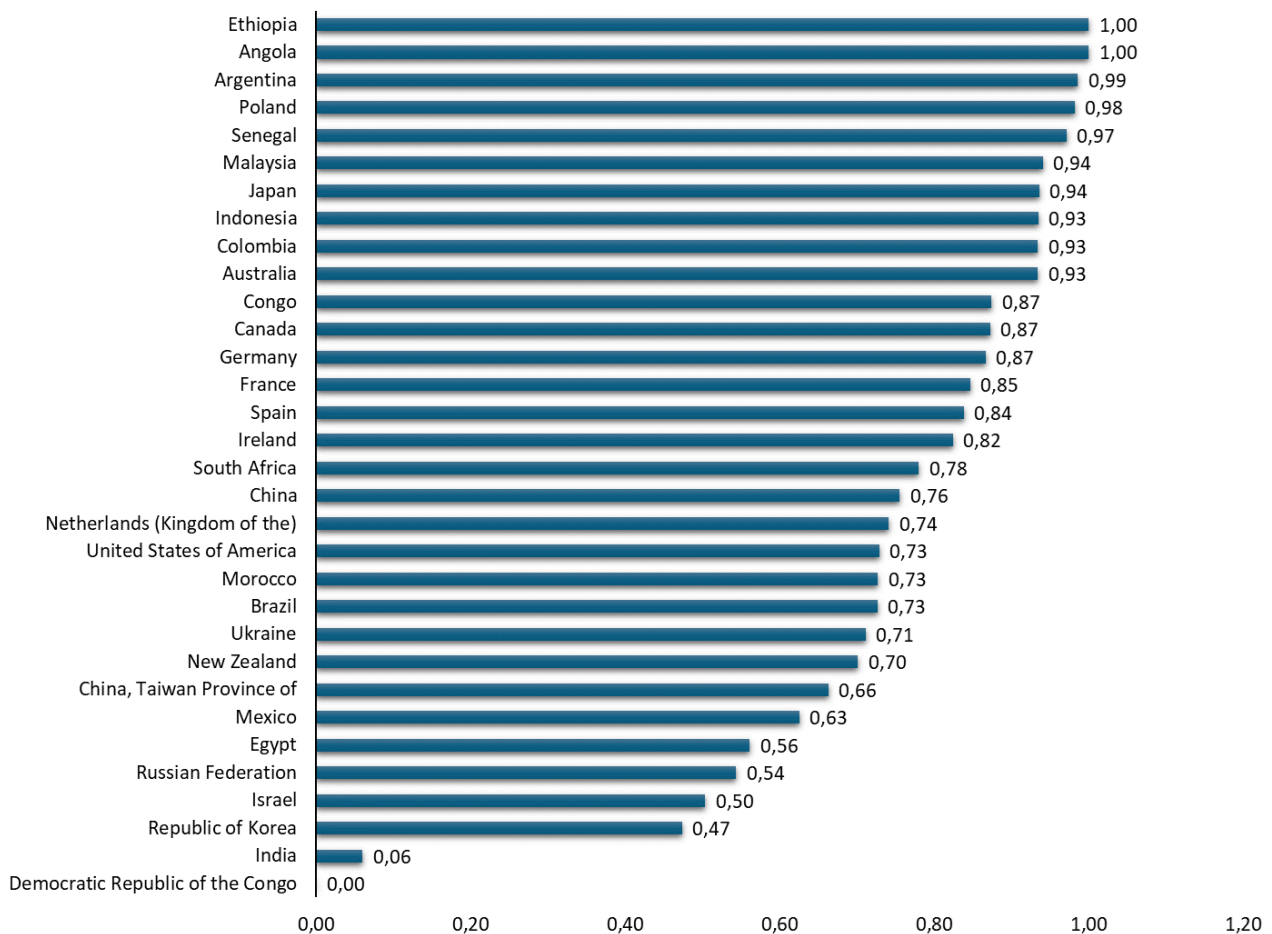
A participação dos combustíveis fósseis na matriz energética utilizada diretamente pelo setor agropecuário é um indicador crucial para medir o grau de dependência do setor em relação a fontes não renováveis, refletindo tanto a vulnerabilidade econômica quanto o perfil de emissões associado às atividades produtivas (FAO, 2025; IEA, 2023).

Trata-se de uma métrica reconhecida pelas principais organizações internacionais como fundamental para monitorar o progresso rumo à transição energética e à descarbonização do setor agropecuário (IPCC, 2023; WEC, 2023).

Em 2022, 73% da energia consumida diretamente na agropecuária brasileira foi proveniente de fontes fósseis, valor ligeiramente superior à média global, estimada em 70% (FAO, 2025). Esse patamar coloca o Brasil em posição intermediária-alta no cenário internacional, sendo:

- Superior a países como México (62%), Rússia (54%) e Índia (6%).
- Inferior, contudo, a países como Argentina (99%), Austrália (94%), Canadá (87%) e França (85%) (FAO, 2025).

FIGURA 7. PARTICIPAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS NA ENERGIA TOTAL UTILIZADA NA AGROPECUÁRIA



Fonte: Elaboração própria com dados da FAO (2025).

Este resultado reforça que, embora o Brasil possua uma matriz elétrica predominantemente renovável (EPE, 2023), o setor agropecuário permanece altamente dependente de combustíveis fósseis líquidos, especialmente diesel, utilizado em operações mecanizadas e no transporte da produção (IEA, 2023).

Adicionalmente, o perfil extensivo de grande parte da agricultura e pecuária brasileira contribui para essa elevada participação de fósseis, dado o uso intensivo de maquinário agrícola e a ausência de alternativas consolidadas em larga escala, como tratores elétricos, biogás ou biocombustíveis avançados no campo (IRENA, 2023).

A redução dessa participação será fundamental para o cumprimento das metas brasileiras de neutralidade climática e para reduzir a exposição do agro aos riscos geopolíticos e de volatilidade

de preços associados aos combustíveis fósseis (IPCC, 2023; WEC, 2023). Entre as soluções potenciais destacam-se:

- Eletrificação de equipamentos agrícolas, aproveitando a matriz elétrica brasileira de baixa intensidade de carbono.
- Expansão do uso de biocombustíveis avançados e biogás rural, com foco em aplicações *off-grid*.
- Eficiência energética em processos mecanizados e logísticos (IEA, 2023; IRENA, 2023).

O indicador foi calculado pela razão entre o consumo de energia proveniente de combustíveis fósseis (diesel, gasolina, gás natural, carvão mineral) e o consumo total de energia no setor agropecuário, incluindo eletricidade, calor e combustíveis (FAO, 2025). É importante destacar que o indicador considera apenas o consumo direto no setor ("*farm gate*"), sem incluir energia indireta ou incorporada em insumos, transporte ou processamento agroindustrial (PELLETIER et al., 2011).

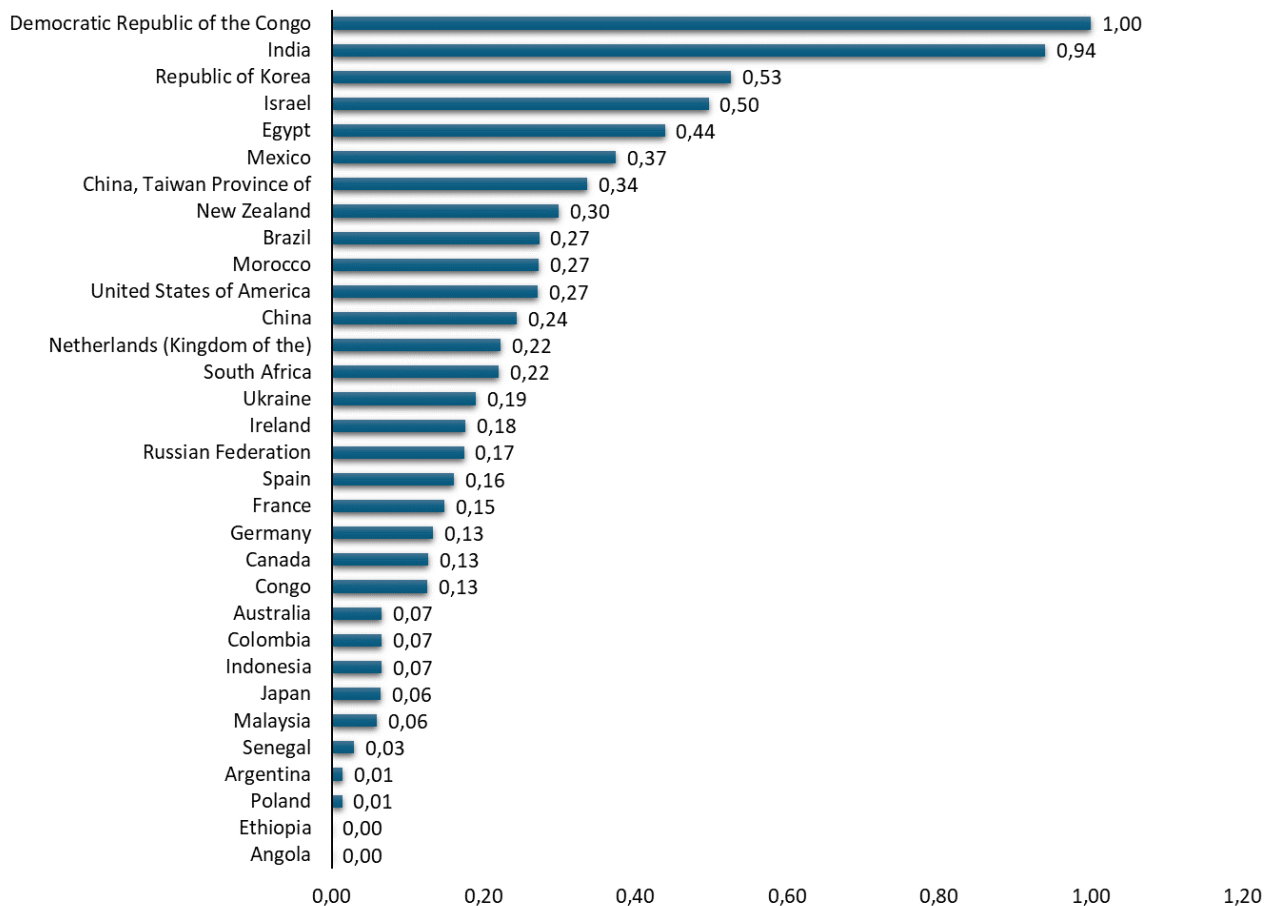
INDICADOR 8: PARTICIPAÇÃO DA ELETRICIDADE NA ENERGIA TOTAL UTILIZADA NA AGROPECUÁRIA (%)

A participação da eletricidade na matriz energética utilizada diretamente pela agropecuária é um indicador relevante para avaliar o grau de eletrificação do setor e seu potencial alinhamento com fontes renováveis de baixa emissão de carbono (IEA, 2023; FAO, 2025). Este indicador permite inferir, de forma preliminar, o quanto a agricultura de determinado país pode ser beneficiada por uma matriz elétrica limpa ou, ao contrário, o quanto a eletricidade utilizada no campo ainda é derivada de fontes fósseis, dependendo da matriz energética nacional (IPCC, 2023).

Em 2022, a participação da eletricidade no consumo total de energia da agropecuária brasileira foi de 27%, ligeiramente inferior à média global de 29% (FAO, 2025). Este resultado posiciona o Brasil em um patamar semelhante ao dos Estados Unidos (27%) e superior a países como China (24%), Canadá (13%) e diversos países da União Europeia, como Holanda (22%) (FAO, 2025).

Destaca-se que países com forte dependência de irrigação por pivô central ou climatização intensiva, como Israel e Holanda, apresentam maior participação da eletricidade na matriz do agro, embora muitas vezes proveniente de fontes fósseis (GHISELLINI et al., 2015).

FIGURA 8. PARTICIPAÇÃO DA ELETRICIDADE NA ENERGIA TOTAL UTILIZADA NA AGROPECUÁRIA (%)



Fonte: Elaboração própria com dados da FAO (2025).

No contexto brasileiro, apesar da matriz elétrica nacional ser composta majoritariamente por fontes renováveis (EPE, 2023), a baixa participação da eletricidade no agro reflete limitações de infraestrutura elétrica rural, elevado custo de eletrificação de máquinas agrícolas e predominância de combustíveis líquidos no campo (diesel e gasolina) (IEA, 2023; IRENA, 2023).

Do ponto de vista climático e de eficiência, a ampliação da participação da eletricidade na matriz agropecuária brasileira representa uma oportunidade estratégica, pois poderia potencializar as vantagens comparativas do Brasil ao reduzir as emissões de gases de efeito estufa associadas ao uso energético no campo, aproveitando a elevada participação de hidrelétricas, solar, eólica e bioenergia na geração elétrica nacional (EPE, 2023; IRENA, 2023).

Este indicador foi calculado pela razão entre o consumo de eletricidade e o consumo total de energia pelo setor agropecuário, conforme metodologia da FAO (2025). Deve-se considerar que o indicador

não distingue a origem da eletricidade consumida (fóssil ou renovável), o que pode afetar a leitura correta do impacto climático do uso de eletricidade no agro, dependendo da matriz de cada país (IPCC, 2023).

O conjunto de indicadores calculados a partir dos dados da FAO exploram diferentes formas de se auferir e comparar a intensidade energética na agropecuária entre países. Os indicadores consideram a energia utilizada diretamente pelas atividades agropecuárias (“dentro da porteira”) em relação à área total, área irrigada, valor da produção, bem como considerando tanto a energia total quanto energia fóssil e de combustíveis derivados do petróleo.

Esses indicadores em conjunto permitem afirmar que o Brasil se encontra em uma posição intermediária em relação aos principais países produtores e consumidores de produtos agropecuários no que diz respeito ao uso de energia na agropecuária, seja esta mensurada em intensidade por área ou por valor da produção, apresentando maior eficiência que os países da UE e níveis de eficiência próximos ou ligeiramente menores aos dos EUA. O Brasil também se situa próximo à média mundial em todos os indicadores calculados. Com relação a dependência de energia fóssil, o Brasil mostra-se menos intensivo no uso dessa energia em relação a diversos países, notadamente em relação à Argentina, e em relação a diversos países europeus, Canadá e Austrália.

Uma vantagem dos dados de energia da FAO para o cálculo dos indicadores apresentados anteriormente é a grande cobertura de países na base de dados, o que possibilita a análise comparativa entre países. Contudo, algumas limitações desses dados são evidentes. A primeira delas é a agregação da energia utilizada pelos diversos setores agropecuários em um só valor, sem distinção entre o quanto é utilizado por cada setor específico, o que impede comparar a intensidade de uso de energia em diferentes segmentos e *commodities* agropecuárias. Dessa forma, não é possível comparar a eficiência energética na produção de um ou outro produto ou subsetor agropecuário, como produção animal e vegetal, por exemplo. Outra limitação é a falta de informações sobre a energia utilizada para produzir os insumos utilizados pela agropecuária, ou no transporte e processamento dos seus produtos, o que impede avaliar a energia indireta utilizada pelo setor ou no ciclo de vida completo dos seus produtos. Finalmente, uma última limitação diz respeito à consideração de apenas dois grandes grupos de fontes energéticas, os combustíveis de origem fóssil e a eletricidade. Isso significa que não é possível distinguir nos dados da FAO, nem comparar entre países, o quanto de agroenergia e bioenergia são utilizadas pela agropecuária, nem

qual é a contribuição de fontes de energia renovável para a eletricidade consumida pela agropecuária.

De forma a superar algumas dessas limitações, serão apresentados a seguir indicadores calculados a partir de uma base de dados alternativa, em que é possível distinguir o quanto da energia utilizada pelo setor agropecuário é proveniente de fontes fósseis versus a parcela de origens renováveis, bem como pelo setor agroindustrial, não contemplado pelos dados da FAO. Contudo, no que diz respeito à bioenergia, não foram identificadas fontes de dados internacionais que cobrissem de forma consistente diversos países do mundo, o que motivou a segunda seção desse estudo, em que se debruçou sobre a oferta de bioenergia pela agropecuária brasileira.

2.2 INDICADORES CALCULADOS COM DADOS DO GTAP-POWER¹

Para complementar a análise baseada em estatísticas diretas (FAO, EPE, IBGE), o presente estudo incorpora uma segunda abordagem metodológica, utilizando a base de dados GTAP-Power, versão 11A, com ano base 2017 (AGUIAR et al., 2019). Esta base permite uma visão globalmente harmonizada dos fluxos de energia embutidos na atividade agropecuária brasileira, considerando a estrutura de insumo-produto multirregional, capturando tanto o consumo direto quanto indireto de energia transacionada economicamente entre setores e regiões.

A vantagem desta abordagem reside na consistência global, na comparabilidade entre países e na possibilidade de avaliar a energia associada às exportações agropecuárias brasileiras, aspecto não contemplado pelas estatísticas diretas nacionais. Contudo, é importante ressaltar que o método apresenta limitações reconhecidas, como a agregação setorial elevada, a não captura da energia autoconsumida na propriedade e o fato de não refletir diferenças intrasetoriais relevantes (como entre pecuária extensiva e confinada ou agricultura irrigada versus de sequeiro) (AGUIAR et al., 2019; IEA, 2023).

Por essas razões, as estimativas derivadas do GTAP-Power não devem ser interpretadas como substitutas das análises baseadas em dados físicos ou contábeis diretos, mas sim como ferramenta

¹ O GTAP-Power é uma extensão especializada da base de dados global de insumo-produto GTAP (Global Trade Analysis Project), desenvolvida para oferecer uma representação mais detalhada dos setores energéticos, com foco específico na geração, distribuição e uso final de energia, diferenciando fontes renováveis e fósseis, com desagregação setorial e regional aprimorada. Foi desenvolvida pelo Center for Global Trade Analysis (Purdue University) em colaboração com o Energy Modeling Forum da Stanford University, a International Energy Agency (IEA) e outros parceiros internacionais, visando atender à crescente demanda por modelagem de políticas energéticas, climáticas e comerciais integradas (Aguilar et al., 2019).

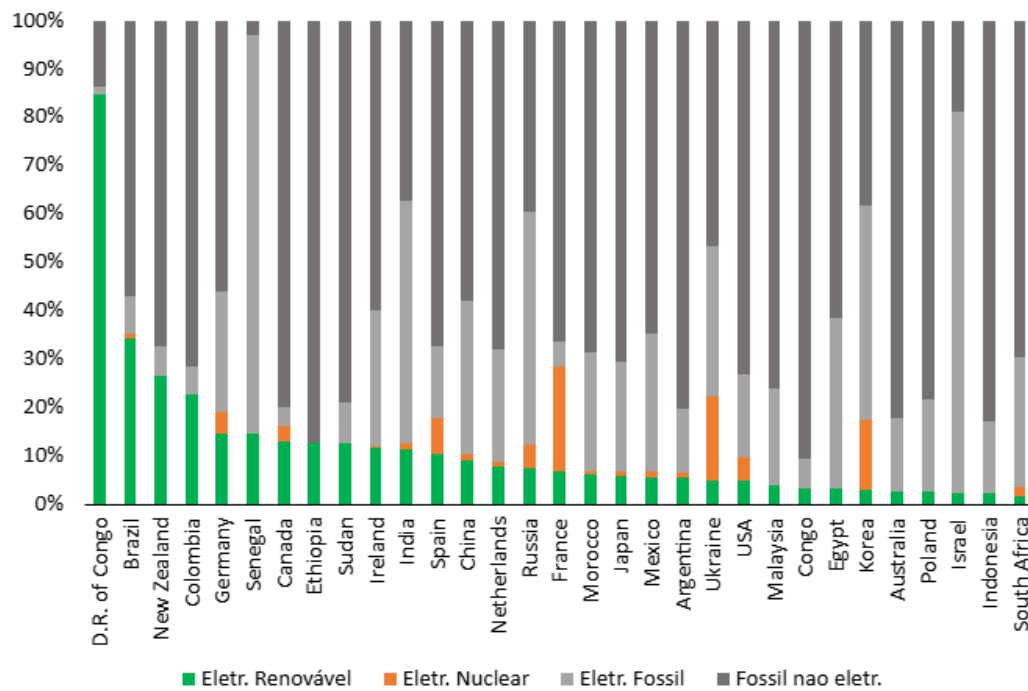
complementar, que permite validar tendências, aferir ordens de magnitude e enriquecer a visão integrada dos fluxos de energia na agropecuária brasileira em comparação global.

Os indicadores foram calculados com dados de uso de energia pelos setores agropecuários e agroindustriais, disponíveis no formato de matriz de insumo-produto, que representam o consumo direto pelo setor em questão, considerando diferentes fontes de energia (fósseis, eletricidade de origem fóssil, eletricidade de origem renovável, eletricidade de origem nuclear).

INDICADOR 9: PARCELA DE DIFERENTES FONTES DE ENERGIA NO TOTAL DE ENERGIA UTILIZADA NA AGROPECUÁRIA E NA AGROINDÚSTRIA

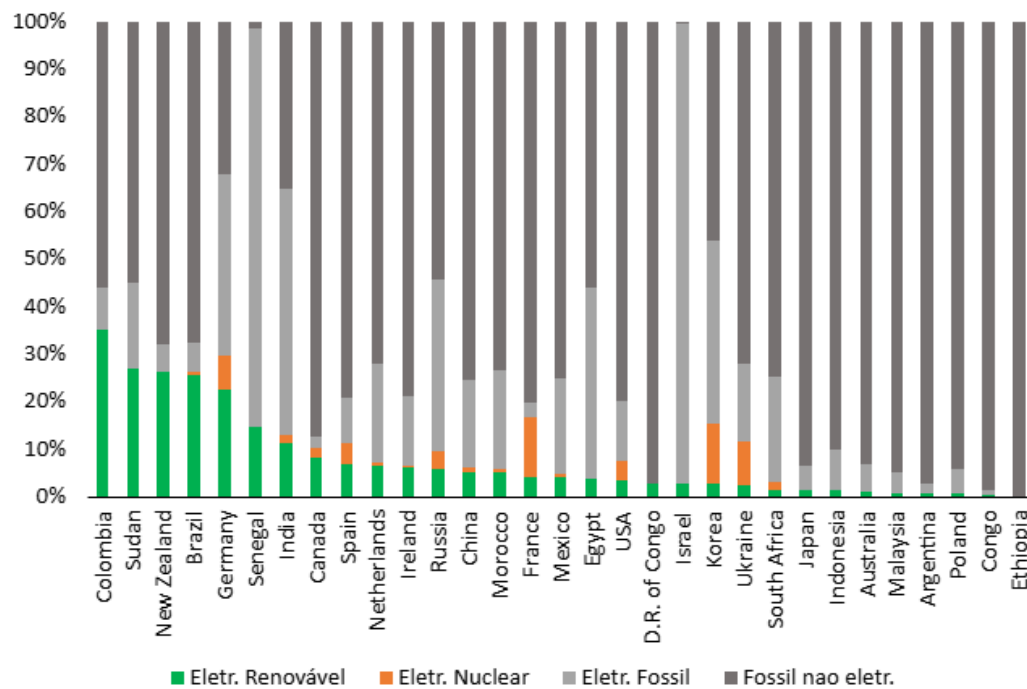
As Figuras 9.1, 9.2 e 9.3 apresentam indicadores de parcelas de uso de energia fóssil não elétrica e de energia elétrica de origem fóssil e de origem renovável na agropecuária e na agroindústria. Entre os países selecionados, o Brasil ocupa o segundo lugar em termos de maior participação da energia elétrica renovável no total de energia utilizado pelo conjunto de atividades da agropecuária e da agroindústria (Figura 9.1) e quando considerada a agroindústria isoladamente (Figura 9.3). No que diz respeito à agropecuária, o Brasil ocupa a quarta posição em parcela de energia renovável (Figura 9.3). A elevada participação da geração hidroelétrica e de origem de biomassa na matriz elétrica nacional, bem como a expansão das fontes eólicas e solar, contribuem para essa posição destacada do país no uso de energia renovável pela agropecuária e agroindústria.

FIGURA 9.1. PARCELA DE DIFERENTES TIPOS DE ENERGIA NA AGROPECUÁRIA E AGROINDÚSTRIA PARA PAÍSES SELECIONADOS



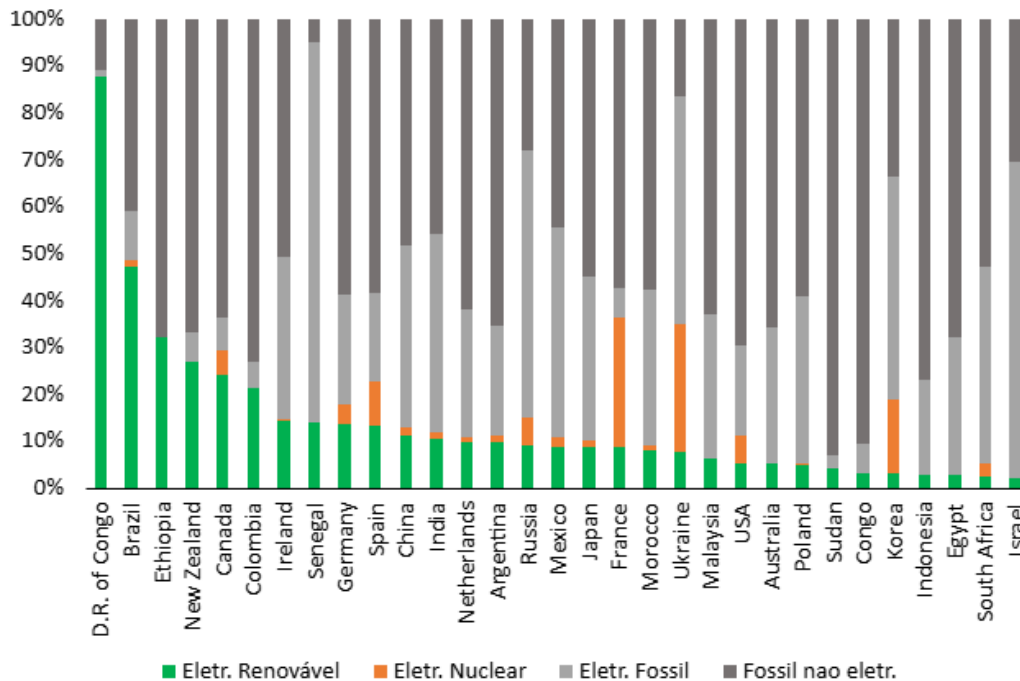
Fonte: Elaboração própria com dados da GTAP (2025).

FIGURA 9.2. PARCELA DE DIFERENTES TIPOS DE ENERGIA NA AGROPECUÁRIA PARA PAÍSES SELECIONADOS



Fonte: Elaboração própria com dados da GTAP (2025)

FIGURA 9.3. PARCELA DE DIFERENTES TIPOS DE ENERGIA NA AGROINDÚSTRIA PARA PAÍSES SELECIONADOS



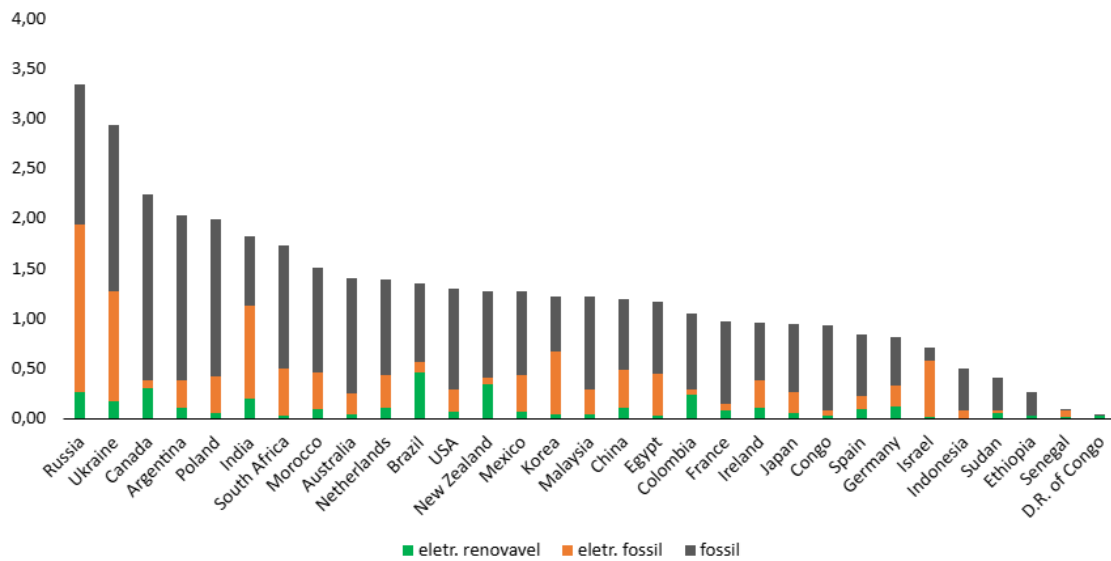
Fonte: Elaboração própria com dados da GTAP (2025)

Ressalta-se que o GTAP-Power, por sua natureza macroeconômica, não capta a energia autoconsumida ou não monetizada, o que pode subestimar o papel da bioenergia rural no Brasil (AGUIAR et al., 2019).

INDICADOR 10: USO DE ENERGIA POR VALOR DA PRODUÇÃO DA AGROPECUÁRIA E DA AGROINDÚSTRIA (GJ/USD1000)

De acordo com as estimativas do GTAP-Power, o consumo de energia agregado da agropecuária e da agroindústria brasileira em 2017 foi de 1,4 GJ por mil dólares de valor produzido, patamar próximo à média dos países considerados neste estudo, estimada em 1,3 GJ/USD1000 (Figura 10.1). Essa intensidade coloca o Brasil em uma posição de eficiência energética econômica superior a grandes exportadores agropecuários, como Argentina (2,0 GJ/USD1000), Canadá (2,3 GJ/USD1000) e Austrália (1,4 GJ/USD1000).

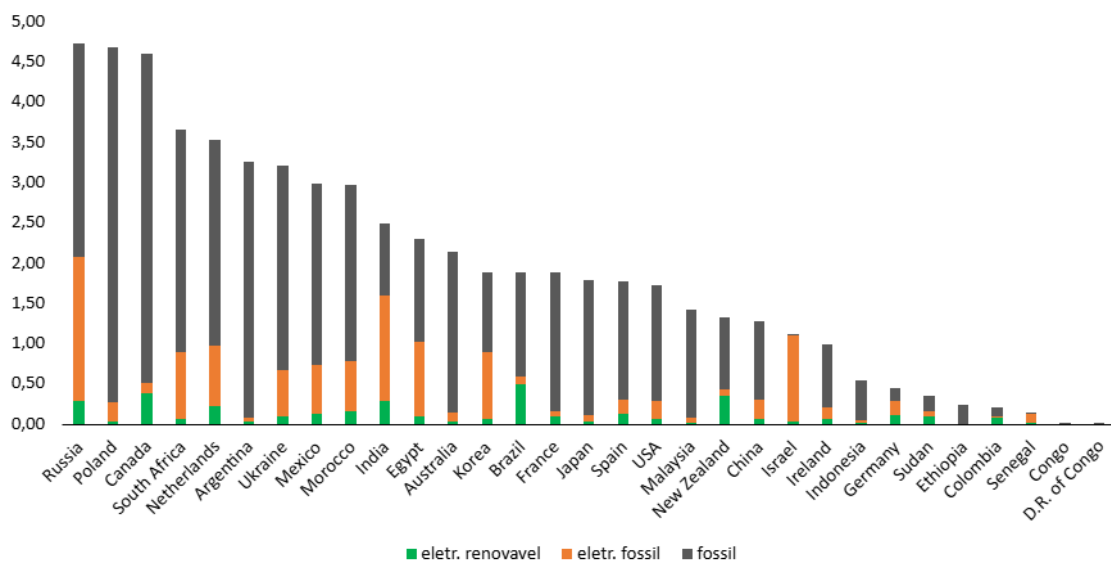
FIGURA 10.1. USO DE ENERGIA POR VALOR DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA E AGROINDUSTRIAL (EM GJ/USD1000)



Fonte: Elaboração própria com dados da GTAP (2025).

A Figura 10.2 repete essa comparação apenas no setor agropecuário, apresentando o desempenho brasileiro frente a outras grandes economias agrícolas globais. A agropecuária brasileira requer cerca de 1,9 GJ/USD1000, enquanto a média dos países considerados é de 2 GJ/USD1000.

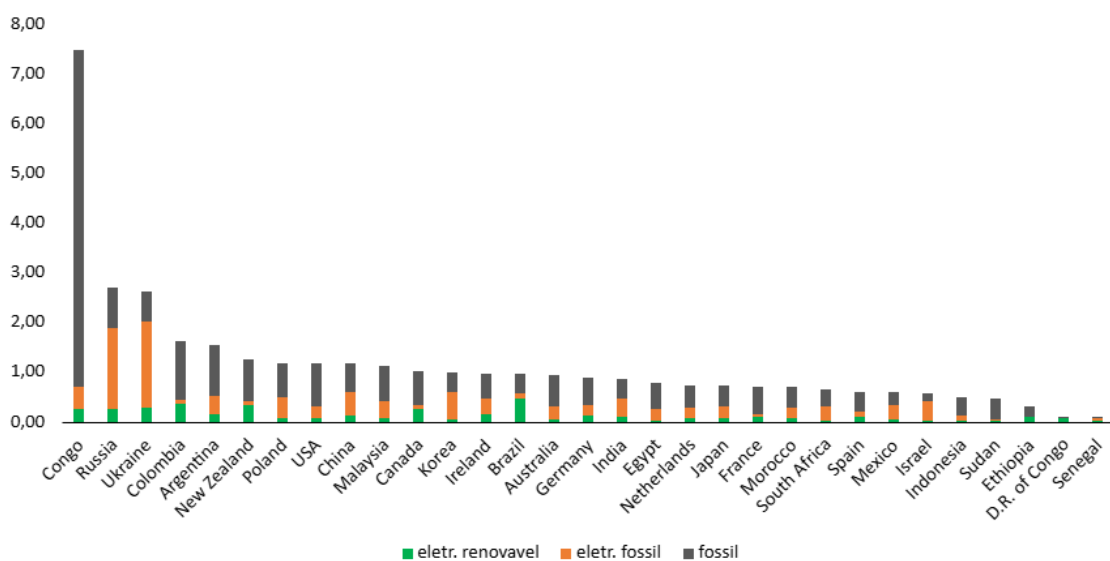
FIGURA 10.2. USO DE ENERGIA POR VALOR DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (EM GJ/USD1000)



Fonte: Elaboração própria com dados da GTAP (2025).

Já a Figura 10.3 apresenta o uso de energia por valor da produção na agroindústria. Enquanto a média dos países investigados no presente estudo é de 1,2 GJ/USD1000, o Brasil necessita de 0.96 GJ/USD1000. Canadá, China, EUA e Argentina demandam mais energia por valor de produção do que o Brasil, entre 1 e 1,5 GJ/USD1000.

FIGURA 10.3. USO DE ENERGIA POR VALOR DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL (EM GJ/USD1000)



Fonte: Elaboração própria com dados da GTAP (2025).

Entretanto, cabe reforçar que, por tratar-se de um indicador derivado de contas macroeconômicas, o GTAP-Power não captura de maneira plena o custo oculto da energia autoconsumida ou dos fluxos de bioenergia próprios da produção rural brasileira, frequentemente não monetizados (AGUIAR et al., 2019). Além disso, a participação relativamente baixa da energia no custo total não implica necessariamente baixa pegada de carbono do setor, reforçando a necessidade de leituras complementares, como as apresentadas no Indicador 6 (uso de fósseis por valor agregado).

As estimativas derivadas do GTAP-Power reforçam e complementam os achados apresentados na análise baseada em estatísticas diretas (FAO, EPE, IBGE), ao evidenciarem que o setor agropecuário brasileiro mantém uma intensidade energética agregada inferior à média global e a outros grandes produtores agrícolas, tanto em termos absolutos quanto relativos ao valor econômico gerado.

Os indicadores analisados revelam que, sob a ótica dos fluxos econômicos globais, o setor agropecuário brasileiro:

- Apresenta menor intensidade energética por valor agregado, refletindo vantagens estruturais associadas ao clima tropical, sistemas produtivos extensivos e produtividade de culturas adaptadas.
- Possui uma participação de energia relativamente baixa no custo total da produção agropecuária, reforçando uma menor exposição direta a oscilações de preços de energia quando comparado a outros países agrícolas.

No entanto, a abordagem baseada no GTAP-Power apresenta limitações importantes, reconhecidas pela literatura internacional, especialmente pela:

- Subestimação da energia autoconsumida ou não transacionada economicamente (como bioenergia de resíduos, biogás *on-farm* ou lenha).
- Agregação elevada de setores e cadeias produtivas, não capturando nuances regionais e tecnológicas relevantes da agropecuária brasileira.
- Não mensuração direta da pegada de carbono associada ao consumo de energia, exigindo a complementaridade com indicadores específicos de uso de fósseis e eletrificação.

Essas limitações reforçam a necessidade de adotar abordagens híbridas e triangulações metodológicas (estatísticas diretas + modelos computáveis globais + análises setoriais desagregadas), alinhadas às práticas recomendadas por FAO, IEA, IPCC e GTAP Consortium.

Ao conjugar as duas abordagens (FAO/estatísticas diretas e GTAP-Power), este estudo entrega uma visão mais abrangente, robusta e comparável da pegada energética da agropecuária brasileira, contribuindo para a construção de diagnósticos setoriais mais acurados e fundamentados para orientar políticas públicas, estratégias setoriais e planos de transição energética no campo.

A análise integrada do consumo de energia pelo setor agropecuário brasileiro, combinando abordagens baseadas em estatísticas diretas (FAO, EPE, IBGE) e modelos globais computáveis (GTAP-Power), permitiu construir um diagnóstico robusto e alinhado às melhores práticas internacionais. Os resultados convergem ao evidenciar que o Brasil apresenta:

- Intensidade energética física e econômica inferior à média mundial, tanto por área cultivada quanto por valor agregado, reforçando as vantagens comparativas associadas ao clima tropical, à produção extensiva e à eficiência sistêmica em diversas cadeias produtivas.

- Dependência relevante, porém, inferior a muitos competidores, de combustíveis fósseis, especialmente diesel, com desafios importantes para avançar na descarbonização e mitigação da pegada de carbono da agropecuária nacional.
- Participação relativamente baixa da eletricidade na matriz energética agropecuária, ainda que com potencial competitivo elevado dada a matriz elétrica brasileira majoritariamente renovável.
- Custos energéticos agregados no setor agropecuário inferiores aos verificados em países desenvolvidos, refletindo menores riscos diretos de custo, mas exigindo atenção à competitividade climática em mercados exigentes em pegada de carbono e energia.

Ao combinar essas perspectivas, o estudo evidencia que, embora o setor agropecuário brasileiro apresente uma pegada energética relativamente eficiente frente ao cenário global, persistem importantes desafios e oportunidades para avançar em direções mais sustentáveis, resilientes e alinhadas às tendências globais de transição energética e segurança alimentar de baixo carbono (IEA, 2023; IPCC, 2023).

Esse diagnóstico reforça o papel estratégico dual do agronegócio brasileiro na matriz energética nacional como demandante relevante de energia – com espaço para melhorar eficiência e descarbonização; e sobretudo, como fornecedor estruturante de bioenergia moderna, consolidando seu protagonismo na oferta de soluções energéticas renováveis ao país.

Essa dimensão será aprofundada no Capítulo 3, que apresenta uma análise detalhada da contribuição do agronegócio brasileiro na geração de energia, destacando sua importância histórica, o papel das cadeias bioenergéticas, os avanços tecnológicos e as perspectivas no contexto das transições energéticas globais e das metas climáticas brasileiras.

3. CONTRIBUIÇÃO DO AGRONEGÓCIO NA GERAÇÃO DE ENERGIA

Como um país de dimensões continentais, com vastas áreas agricultáveis, clima favorável e uma das maiores biodiversidades do planeta, o Brasil possui condições únicas para converter energia solar em biomassa por meio da fotossíntese. Mas qual é o verdadeiro alcance dessa capacidade na produção de energia? Em que medida o agronegócio, tradicionalmente associado à produção de alimentos, também se consolida como um provedor estratégico de energia renovável? E qual o peso real da bioenergia agropecuária na estrutura energética nacional, especialmente diante dos desafios globais de descarbonização?

Essas perguntas ganham relevância diante de um dado frequentemente citado, mas raramente analisado em profundidade: o Brasil possui uma das matrizes energéticas mais renováveis do mundo. No entanto, pouco se discute sobre quais setores efetivamente sustentam esse perfil limpo da matriz — e qual seria o cenário caso a bioenergia vinculada ao agro não estivesse presente. Entre plantações de cana-de-açúcar, florestas plantadas, oleaginosas, resíduos orgânicos, pecuária e coprodutos agroindustriais, o setor agropecuário vem ampliando significativamente sua contribuição para a produção de energia, não apenas em volume, mas também em diversidade de rotas tecnológicas.

Nesse contexto, este estudo parte da análise da série histórica do Balanço Energético Nacional (BEN) de 1970 a 2023 para investigar a trajetória, a estrutura, a importância e os usos da bioenergia vinculada ao agronegócio na matriz energética brasileira. Três perguntas centrais guiam a investigação:

- i. Qual foi a evolução da oferta interna de bioenergia oriunda do agronegócio² no Brasil ao longo das últimas cinco décadas?
- ii. Qual é a importância da bioenergia dentro da matriz energética brasileira, especialmente no contexto das fontes renováveis?
- iii. Qual o impacto das fontes energéticas do agronegócio entre os diferentes setores econômicos e quais subsetores industriais mais dependem da agroenergia?

² Os termos “bioenergia oriunda do agronegócio”, “agroenergia” e “bioenergia agropecuária” serão utilizados como sinônimos no presente estudo e representam a energia produzida a partir de matérias-primas vegetais ou animais originadas de atividades agropecuárias, agroindustriais e florestais planejadas. Trata-se de energia derivada da biomassa gerada ou cultivada intencionalmente no contexto produtivo do agronegócio — incluindo culturas como cana-de-açúcar, soja, milho, palma, madeira de florestas plantadas, resíduos agroindustriais, gorduras animais e dejetos da pecuária — que é convertida em formas úteis de energia, como biocombustíveis líquidos (etanol, biodiesel, biometano etc.), energia elétrica ou térmica.

Para responder a essas questões, propõe-se uma reclassificação metodológica das fontes energéticas, distinguindo bioenergia vinculada ao agronegócio de outras fontes renováveis e não renováveis, com base em critérios de origem e uso. A abordagem também adota parâmetros específicos para estimar a participação da bioenergia em setores nos quais a rastreabilidade direta da fonte energética, como no caso da eletricidade, não é viável. A partir dessa estratégia de investigação, o estudo busca oferecer uma leitura ampliada e integrada sobre o papel da agroenergia na sustentabilidade e segurança energética do Brasil contemporâneo.

3.1 BASE DE DADOS E ABORDAGEM METODOLÓGICA

A análise proposta neste estudo tem como base empírica os dados disponibilizados pelo Balanço Energético Nacional (BEN), principal instrumento oficial de monitoramento da evolução da matriz energética brasileira. Publicado anualmente desde 1970 pelo Ministério de Minas e Energia (MME), em parceria com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o BEN fornece uma sistematização abrangente das estatísticas energéticas nacionais, permitindo a decomposição da oferta e do uso da energia em diferentes níveis e setores da economia.

O BEN organiza a matriz energética em quatro categorias principais:

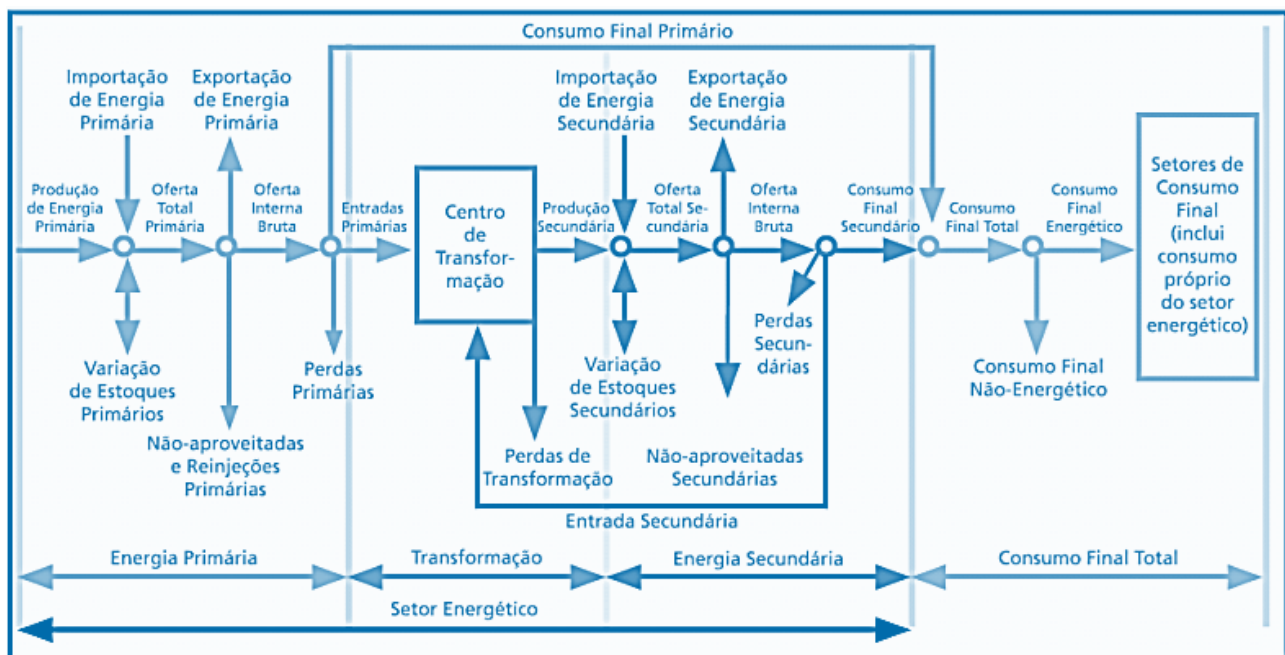
- i. **Energia primária:** corresponde às fontes energéticas disponíveis diretamente na natureza, tais como petróleo, gás natural, carvão mineral, energia hidráulica, solar, eólica, além de biomassas vegetais e produtos florestais;
- ii. **Energia secundária:** resulta da conversão de fontes primárias em formas de energia utilizáveis pela sociedade, como eletricidade, derivados de petróleo, etanol, biodiesel e outros biocombustíveis;
- iii. **Transformação:** refere-se às etapas intermediárias em que ocorre a conversão de energia primária em secundária, por meio de processos como refino, geração elétrica, gaseificação ou produção de biocombustíveis;
- iv. **Consumo final de energia:** abrange a energia – primária ou secundária – efetivamente disponibilizada para os usuários finais, discriminada por setor de atividade econômica (industrial, residencial, agropecuário, comercial, transporte, público e energético), e utilizada como combustível, eletricidade ou insumo térmico.

No âmbito contábil, a metodologia adotada pelo BEN define a oferta interna bruta de energia como o somatório da produção nacional, das importações e da variação de estoques, descontando-se as

exportações, as rejeições, as reinjeções e as perdas técnicas ou operacionais. A partir desse saldo, distribui-se a energia disponível entre os usos para transformação e os diferentes segmentos de consumo final, incorporando também os ajustes relacionados a perdas em processos de distribuição e armazenagem.

Conforme apresentado na FIGURA 11, essa estrutura metodológica fornece um panorama sistemático da matriz energética brasileira, permitindo a análise integrada das cadeias energéticas por tipo de fonte – como petróleo e derivados, gás natural, carvão mineral, eletricidade e biomassa – e oferecendo subsídios para a compreensão da dinâmica da oferta e do uso da energia no país.

FIGURA 11. ESQUEMA DETALHADO DA LÓGICA CONTÁBIL DA PRODUÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA NO BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (BEN) NO BRASIL



Fonte: EPE.

Para viabilizar a análise proposta neste estudo, a estrutura tradicional do Balanço Energético Nacional (BEN) foi reorganizada com o objetivo de identificar, de forma explícita, a bioenergia proveniente das atividades do agronegócio. Em uma primeira etapa, as fontes de energia – tanto primárias quanto secundárias – foram classificadas em renováveis e não renováveis, em conformidade com a taxonomia já adotada oficialmente pelo BEN (TABELA 1).

TABELA 1. FONTES DE ENERGIA PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA SEPARADAS A PARTIR DA ORIGEM

Origem	Fontes Primárias	Fontes Secundárias
Não renováveis	Petróleo	Óleo Diesel
	Gás Natural	Óleo Combustível
	Carvão Vapor	Gasolina Automotiva
	Carvão Metalúrgico	Gasolina de aviação
	Urânio (U308)	GLP
	Outras não renováveis ¹	Nafta
		Querosene Iluminante
		Querosene de aviação
		Gás de Coqueria
		Gás Canalizado
		Coque Mineral
		Coque Petróleo
		Gás de Refinaria
		Outros energéticos - Petróleo
		Alcatrão
		Asfalto
		Lubrificantes
		Solventes
		Outros energéticos - Não Petróleo
		Urânio (UO2)
		Eletricidade
Renováveis	Energia Hidráulica	Biodiesel
	Energia Eólica	Carvão Vegetal
	Energia Fotovoltaica	Álcool anidro e hidratado
	Lenha	Eletricidade
	Biomassa da cana-de-açúcar	
	Lixívia	
	Outras renováveis ²	

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

Nota: ¹ - Estão inclusos LGN (líquidos de gás natural), gás de alto forno coque carvão, gás de aciaria, gás de enxofre e outros e outros energéticos não renováveis; ² - Estão incluídas o gás industrial de carvão vegetal, biogás, óleos vegetais e outras biomassas utilizadas para fins energéticos (milho, soja, outros produtos agrícolas).

De acordo com essa lógica classificatória, consideram-se fontes de energia renováveis aquelas obtidas a partir de fluxos naturais que se reconstituem espontaneamente em escalas de tempo compatíveis com os ciclos humanos, como a radiação solar, o vento, a água em movimento e os processos biológicos de crescimento vegetal. Já as fontes não renováveis correspondem a recursos existentes em quantidades finitas na crosta terrestre, cuja formação ocorre em escala geológica de

milhões de anos, como o petróleo, o gás natural, o carvão mineral e o urânio. Essa distinção é fundamental para a abordagem analítica adotada, uma vez que permite a delimitação da contribuição efetiva da bioenergia agropecuária no conjunto das fontes renováveis disponíveis no Brasil.

Na segunda etapa da reclassificação, as fontes de energia primária e secundária de origem renovável foram reorganizadas em dois subgrupos analiticamente distintos:

- i. Bioenergia vinculada ao agronegócio;
- ii. Fontes renováveis não relacionadas às atividades agropecuárias.

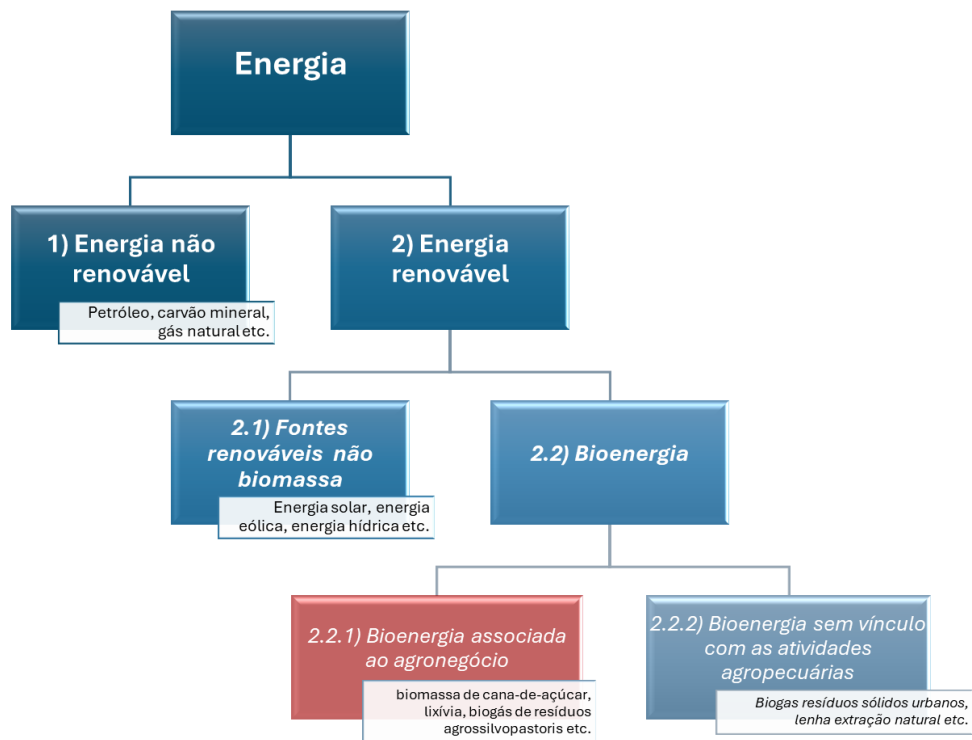
Essa divisão tem como objetivo distinguir os vetores energéticos oriundos da produção e transformação de matérias-primas de base biológica e agroindustrial — como resíduos agrícolas, biomassas cultivadas, gordura e sebo animal — utilizados na geração de energia térmica, elétrica ou de biocombustíveis, daqueles cuja origem está associada a fluxos naturais (como radiação solar, ventos e marés) ou a biomassas não agropecuárias, como os resíduos sólidos urbanos e a lenha extraída de vegetação nativa.

Para a adequada compreensão da tipologia adotada, faz-se necessário esclarecer alguns conceitos fundamentais. A bioenergia é definida como a energia obtida a partir de materiais orgânicos de origem recente, comumente denominados biomassa. Essa biomassa pode ter origem vegetal, como é o caso da cana-de-açúcar, ou animal, como ocorre com esterco, gordura e sebo bovino. Embora a maior parte da bioenergia produzida no Brasil esteja diretamente associada às atividades agropecuárias, existem exceções relevantes — como a produção de biogás a partir de resíduos sólidos urbanos e o uso de lenha oriunda de extração vegetal não manejada — que não possuem vínculo direto com o agronegócio.

Assim, para fins deste estudo, a nomenclatura "bioenergia vinculada ao agronegócio" exclui propositalmente toda forma de energia gerada a partir de biomassa que não tenha origem em cadeias produtivas agropecuárias ou agroindustriais. Essa delimitação permite analisar com maior precisão a contribuição específica do setor agropecuário à matriz energética renovável nacional.

Por fim, é importante reforçar a distinção entre os conceitos de bioenergia e energia renovável. Todas as fontes de bioenergia são renováveis, mas nem toda energia renovável é bioenergética. Fontes como a energia solar, eólica, hidrelétrica e maremotriz também se regeneram naturalmente em escalas de tempo humanas, mas não são derivadas de biomassa. A FIGURA 12 apresenta uma representação esquemática da classificação proposta, enquanto a TABELA 2 detalha a organização das fontes entre primárias e secundárias conforme sua origem e tipo.

FIGURA 12. ESQUEMA DETALHADO DA CLASSIFICAÇÃO PROPOSTA PARA AS FONTES DE ENERGIA NA MATRIZ BRASILEIRA



Fonte: Elaboração própria.

TABELA 2. DETALHAMENTO ADICIONAL DA CATEGORIZAÇÃO DAS FONTES DE ENERGIA PRIMÁRIAS E SECUNDÁRIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL

Fonte	bioenergia do agronegócio	energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias
Primária	Biomassa da cana-de-açúcar	Biogás - resíduos sólidos urbanos
	Lenha - silvicultura	Lenha - extração natural
	Lixívia	Energia hidráulica
	Biogás - resíduos agrossilvipastoril	Energia eólica
	Outras renováveis ¹	Energia fotovoltaica
Secundária	Biodiesel	Eleticidade
	Álcool anidro e hidratado	Carvão vegetal - Extração natural
	Carvão Vegetal - Silvicultura	
	Eleticidade	

Elaboração própria.

Nota: ¹ - Estão inclusos o gás industrial de carvão vegetal, óleos vegetais e outras biomassas utilizadas para fins energéticos (milho, soja, outros produtos agrícolas).

Para redimensionar o balanço energético nacional e contabilizar a oferta de energia a partir da estrutura apresentada, duas premissas associadas à energia primária oriunda da lenha e do biogás foram necessárias e estão detalhadas nos tópicos a seguir.

3.1.1 APROPRIAÇÃO DA ENERGIA GERADA A PARTIR DO BIOGÁS

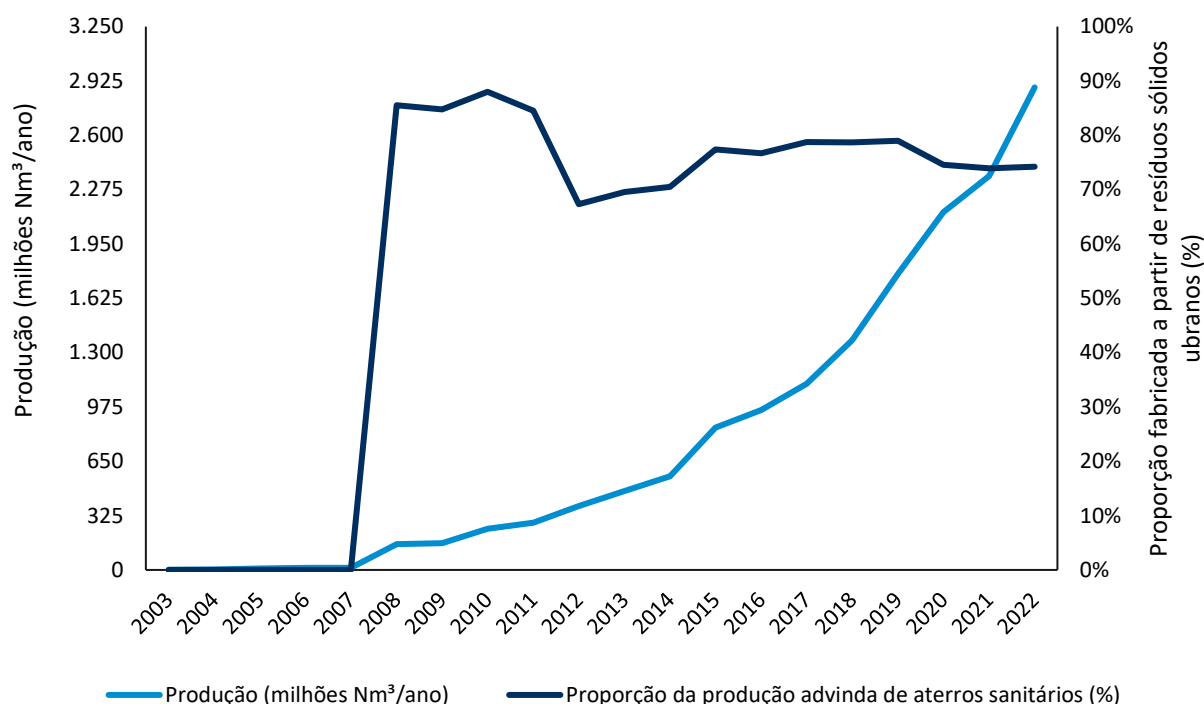
Apesar de representar uma parcela muito reduzida da matriz energética nacional (cerca de 0,04% em 2023), nos últimos dez anos a produção brasileira de biogás aumentou mais de cinco vezes (CIBiogás, 2025). Produzido a partir da decomposição de resíduos orgânicos, como os oriundos da agroindústria, do saneamento e dos dejetos animais, este biocombustível representa uma alternativa sustentável e com potencial de quadruplicar a produção nacional no curto prazo, conforme estudo promovido pelo Programa Energia Brasil (BEP, 2021).

O BEN não especifica de maneira detalhada a origem do biogás produzido, portanto, foi necessário estabelecer um critério de divisão para separar a parcela produção deste energético fabricado a partir de aterros sanitários (“bioenergia não vinculada às atividades agropecuárias”) das demais matérias-primas oriundas de atividades associadas ao agronegócio.

Para tanto, foram utilizados os dados históricos de produção de biogás no Brasil publicados pelo Centro Internacional de Energias Renováveis (CIBiogás, 2025). Essas informações dividem a oferta de biometano produzido a partir de resíduos sólidos urbanos (RSU), permitindo identificar a parcela da oferta de biogás a ser classificada na categoria “bioenergia não vinculada às atividades agropecuárias” (Gráfico 1).

No BEN, o histórico de energia advinda do biogás na matriz energética brasileira se inicia em 1998 e se estende até 2023. Para compatibilizar os períodos distintos de apuração dos dados entre o BEN e o histórico publicado pelo CIBIOGAS (2025), a seguinte lógica foi empregada: i) Entre 1998 e 2022, a participação do biogás produzido a partir de RSU foi mantida conforme o percentual registrado nos cinco primeiros anos da série histórica apurada pelo CIBIOGAS (2025); ii) Para 2023, o percentual de participação do biogás advindo de atividade não vinculadas à agropecuária seguir o valor registrado pelo CIBIOGAS (2025) em 2022.

GRÁFICO 1 PRODUÇÃO ANUAL DE BIOGÁS NO BRASIL, 2003 A 2022



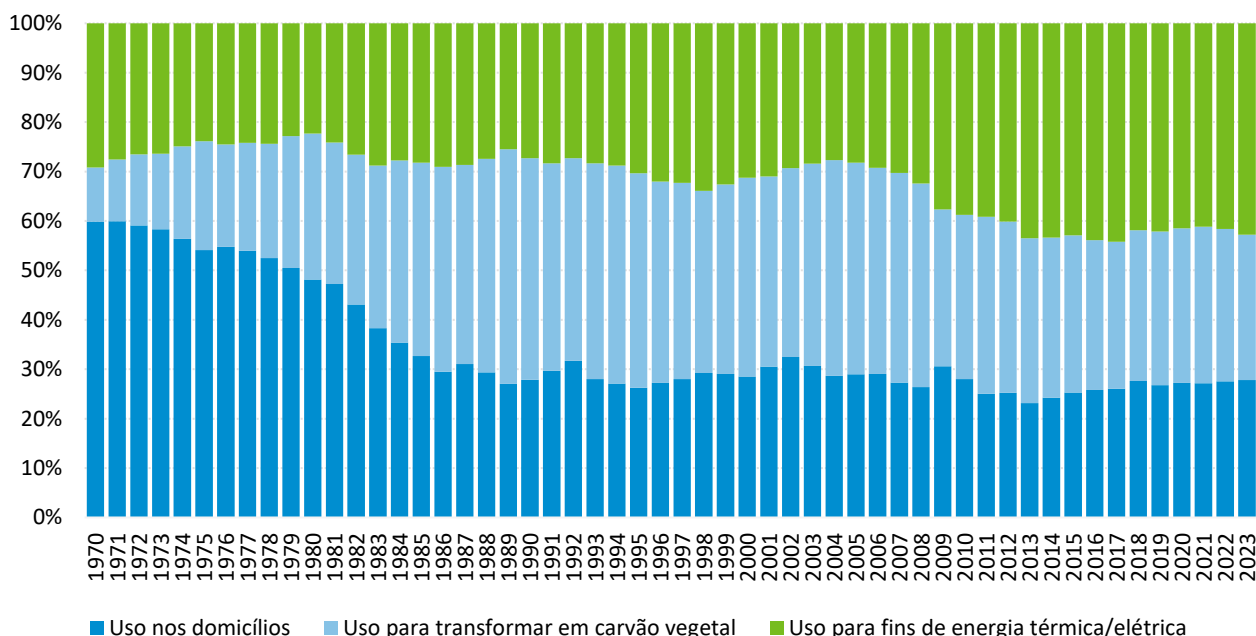
Fonte: CIBiogás. Elaboração própria.

3.1.2 APROPRIAÇÃO DA ENERGIA GERADA A PARTIR DA QUEIMA DE LENHA

O BEN não traz informações detalhadas acerca da energia obtida de derivados florestais, como lenha e carvão vegetal. Apesar de representarem cerca de 10% do total da oferta de energia do país, as informações sobre produção, oferta e consumo de lenha e carvão vegetal no Brasil são escassos e imprecisos.

Diante da relevância dessa fonte de energia e do desafio imposto pela limitação dos dados disponíveis, foi estabelecida uma abordagem metodológica para separar a energia da lenha produzida pela silvicultura daquela que utiliza matéria-prima oriunda do extrativismo. A estratégia adotada se inicia pela divisão da produção total de lenha reportada BEN em três diferentes usos: i) lenha no consumo residencial; ii) lenha para transformação em carvão vegetal; e, iii) lenha para fins de energia elétrica ou térmica (Gráfico 2).

GRÁFICO 2. PROPORÇÃO DA OFERTA TOTAL DE LENHA POR FINALIDADE E CATEGORIA DE USO (%)



Fonte: BEN. Elaboração Própria.

ENERGIA OFERECIDA PELA LENHA UTILIZADA NOS DOMICÍLIOS

A EPE (2021), na nota técnica “Consumo de Lenha e Carvão Vegetal – Setor Residencial Brasil”, avaliou o consumo de lenha pelas famílias brasileiras entre abril e dezembro de 2011 a partir de entrevistas apuradas em campo pela própria instituição.

No referido levantamento, o público-alvo foram as famílias residentes em área rural de municípios com até 60% de urbanização e que utilizavam a lenha para prover necessidades básicas, tais como: cozinhar, esquentar água para o banho e ferver roupa, entre outras. Os dados apurados para cada região do Brasil identificaram: a quantidade média de lenha usada por dia em cada domicílio (kg/dia/domicílio), o percentual médio de umidade da lenha consumida, o consumo médio per capita de lenha (kg/dia/pessoa), a caracterização da lenha utilizada, as atividades em que a família utiliza lenha, a origem da lenha utilizada (“apanhada” ou comprada), a frequência de compra desse material e os locais em que a lenha é obtida.

Nesse levantamento foram levantadas informações de 2408 domicílios distribuídos em todas as regiões. Desse total, 1934 das famílias utilizavam lenha para atender as suas necessidades diárias e menos de 20% dessas famílias costumavam obter o recurso em áreas de reflorestamento, tendo

a lenha adquirida majoritariamente advinda de áreas naturais, conforme detalhamento dos resultados na Tabela 3.

TABELA 3. LOCAIS EM QUE AS FAMÍLIAS COSTUMAM APANHAR LENHA

Local onde a lenha é "apanhada"	Norte	Nordeste	Sudeste	Centro-Oeste	Sul	Total
Área nativa	64,2%	92,0%	54,8%	63,6%	73,7%	75,5%
Quintal de casa	86,8%	50,4%	56,8%	80,4%	70,2%	64,5%
Terreno de vizinho	24,8%	28,3%	33,3%	13,5%	9,6%	22,8%
Área de reflorestamento	2,8%	1,5%	28,1%	3,1%	62,8%	16,1%
Outros	16,1%	4,7%	13,2%	11,8%	1,8%	4,8%
Base: famílias que "apanham" lenha	355	339	438	459	449	1934
	73,8%	70,6%	90,5%	96,2%	92,9%	80,3%

Fonte: Consumo de Lenha e Carvão Vegetal – Setor Residencial Brasil (EPE, 2021).

De todo exposto, ainda que a nota técnica da EPE (2021) traga indicações importantes acerca do tema, os dados apresentados são insuficientes para uma avaliação precisa do uso da lenha nos domicílios ao longo dos últimos 50 anos. Assim, visando obter uma visão conservadora e não promover qualquer superdimensionamento da área destinada à silvicultura, o presente estudo adotou como premissa a alocação de 100% da lenha consumida pelas famílias na oferta de “bionergia sem vínculo com as atividades agropecuárias”.

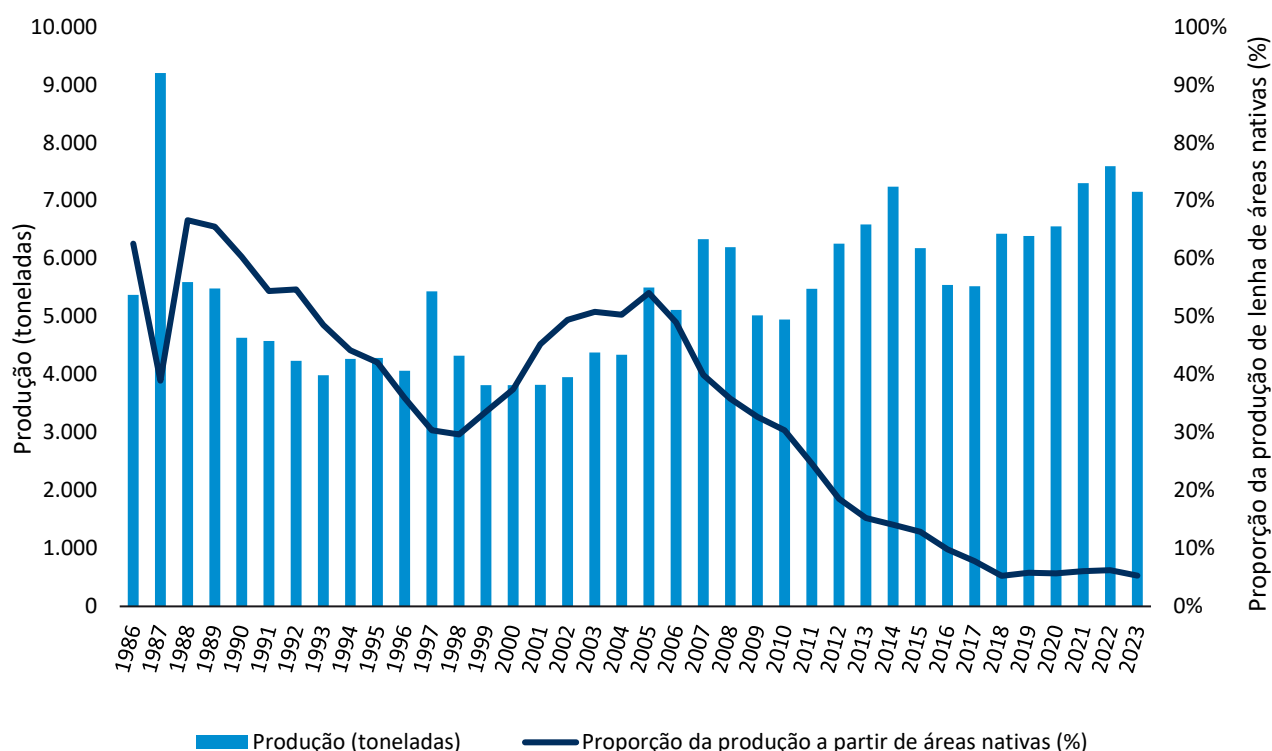
ENERGIA OFERECIDA PELA LENHA UTILIZADA NA PRODUÇÃO DE ENERGIA (ELÉTRICA E TÉRMICA) E NA TRANSFORMAÇÃO EM CARVÃO VEGETAL

Para definir qual a proporção da lenha utilizada na produção de energia elétrica/térmica ou uso como carvão vegetal advinda das áreas de silvicultura, o estudo utilizou os dados da Pesquisa de Extração Vegetal e Silvicultura (PEVS) publicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2025). A mencionada pesquisa é apurada anualmente desde 1986 e oferece dados sobre a produção florestal do Brasil, classificando entre origem nativa (extração vegetal) e florestas plantadas (silvicultura).

Como pode ser observado nos Gráficos 3 e 4, tanto a produção lenha como a de carvão vegetal advinda de vegetação natural se reduziram relativamente à oferta total dos respectivos produtos ao longo dos últimos 20 anos.

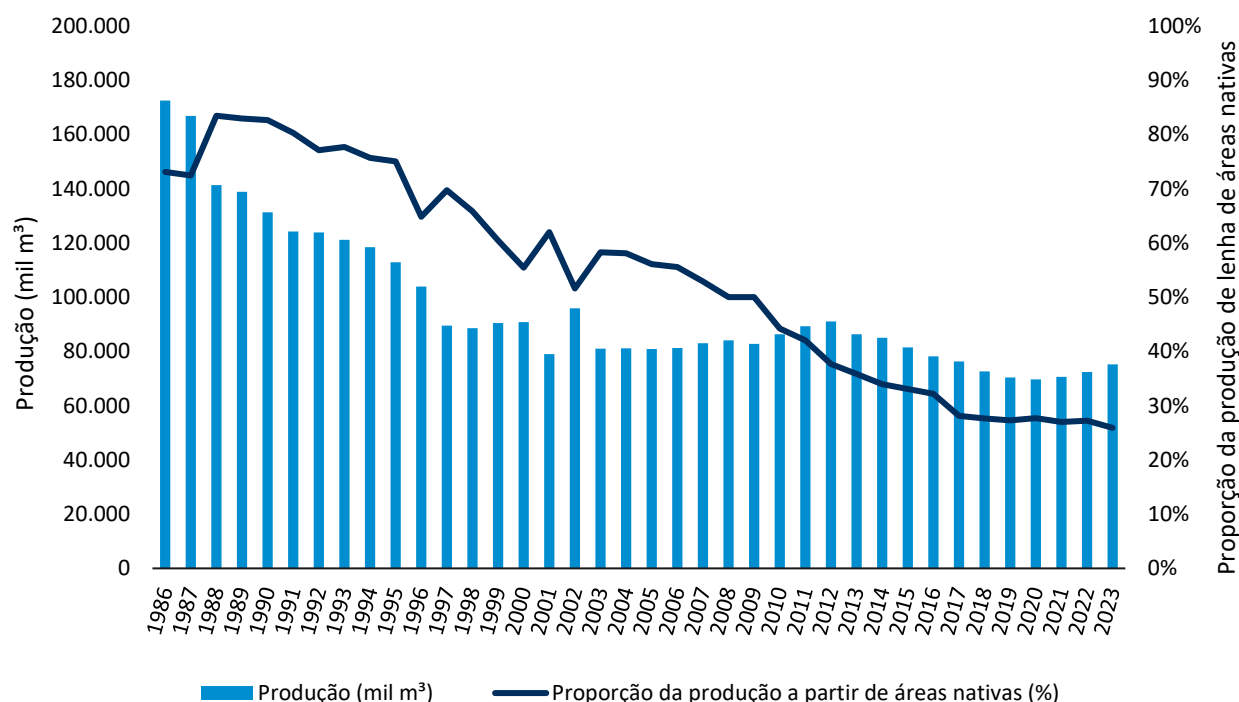
Nesse contexto, para a segregação anual da lenha utilizada para fins energéticos entre as categorias de bioenergia vinculada e bioenergia sem vínculo com o agronegócio, o presente estudo assumiu a proporção de lenha originada pela silvicultura registrada pela PEVS (IBGE, 2025). Oportuno mencionar que a PEVS se iniciou apenas em 1986, assim, para o período de 1970 até 1985, foi adotado de modo conservador o maior índice calculado da participação de lenha originada em áreas nativas como parâmetro de referência para os anos pregressos ao início da pesquisa oficial dos dados da produção florestal no Brasil.

GRÁFICO 3. HISTÓRICO DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL E A PROPORÇÃO DA ORIGEM EM ÁREAS NATIVAS



Fonte: PEVS. Elaboração própria.

GRÁFICO 4. HISTÓRICO DA PRODUÇÃO DE LENHA E A PROPORÇÃO DA ORIGEM EM ÁREAS NATIVAS



Fonte: PEVS. Elaboração própria.

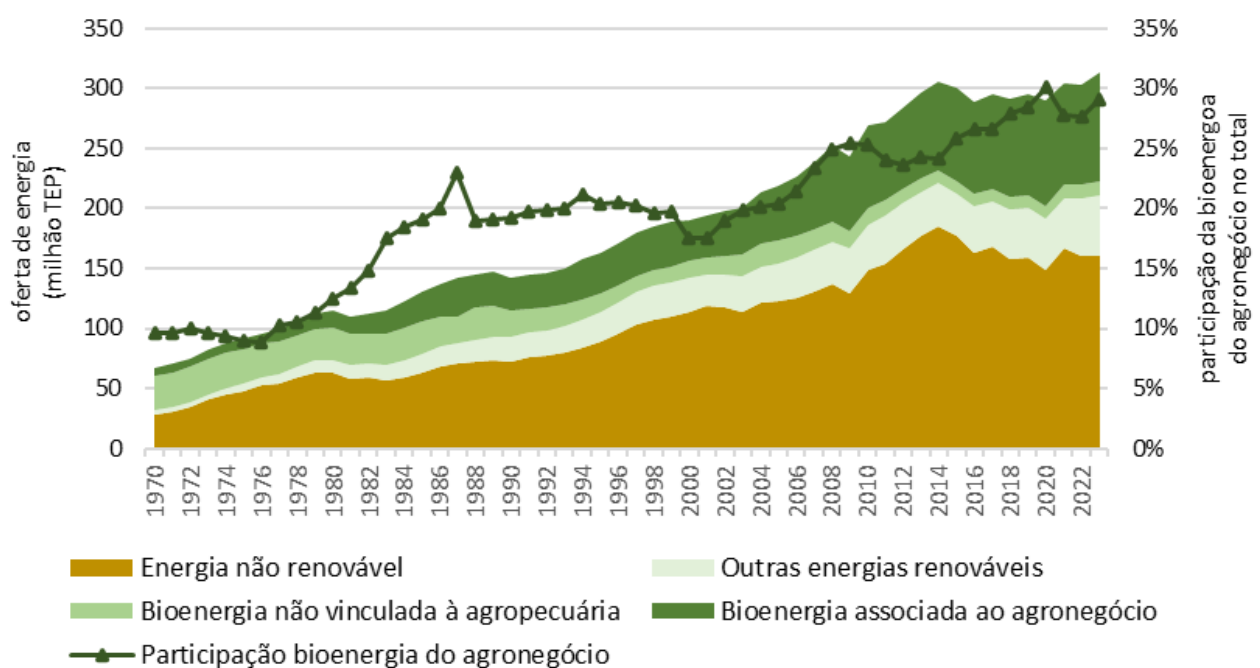
3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.2.1 OFERTA DE BIOENERGIA VINCULADA AO AGRONEGÓCIO

A análise histórica da oferta interna de energia no Brasil entre 1970 e 2023 revela transformações estruturais relevantes na matriz energética nacional, com destaque para o expressivo crescimento da bioenergia associada ao agronegócio. Conforme evidenciado no Gráfico 5, esse segmento apresentou uma trajetória de expansão contínua ao longo das décadas, passando de 6,5 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (TEP) em 1970 para mais de 91 milhões de TEP em 2023. Com isso, a participação da bioenergia agropecuária na matriz energética brasileira aumentou de 9,7% em 1970 para 29,1% em 2023, atingindo pico de 30,1% em 2020.

Quando se considera apenas a parcela renovável da matriz — composta por bioenergia do agronegócio, bioenergia não vinculada à agropecuária e outras fontes renováveis — observa-se que, em 2023, o agronegócio foi responsável por aproximadamente 60% de toda a energia renovável ofertada no país, superando de forma notável a contribuição de outras fontes tradicionais (Tabela 4).

GRÁFICO 5. OFERTA INTERNA DE ENERGIA NO BRASIL AGREGADA POR FONTE E ORIGEM, 1970 A 2023



Fonte: Elaboração própria.

TABELA 4. OFERTA INTERNA DE ENERGIA: PARTICIPAÇÃO DAS DIFERENTES FONTES DE ENERGIA EM 2023

Origem	Fonte energética	Participação (%)
Não renováveis	Petróleo e derivados	35,10%
	Gás Natural	9,61%
	Outros não renováveis	0,60%
	Carvão mineral e coque	4,40%
	Nuclear (Urânio)	1,23%
	Total - não renováveis	50,94%
Renováveis	Biomassa cana-de-açúcar	16,87%
	Lenha e carvão vegetal (silvicultura energética) ¹	5,20%
	Lixívia - licor negro	3,39%
	Óleos Vegetais	1,97%
	Outras biomassas	1,63%
	Biogás resíduo agrosilvopastoril	0,04%
	Subtotal	29,09%
	Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias	
	Lenha (vegetação natural)	3,49%
	Biogás resíduos sólidos urbanos	0,11%
	Subtotal	3,60%
	Outras fontes renováveis	
	Hídrica	12,01%
	Eólica	2,62%
	Solar ²	1,73%
	Subtotal	16,36%
	Total - renováveis	49,06%

Fonte: Elaboração própria.

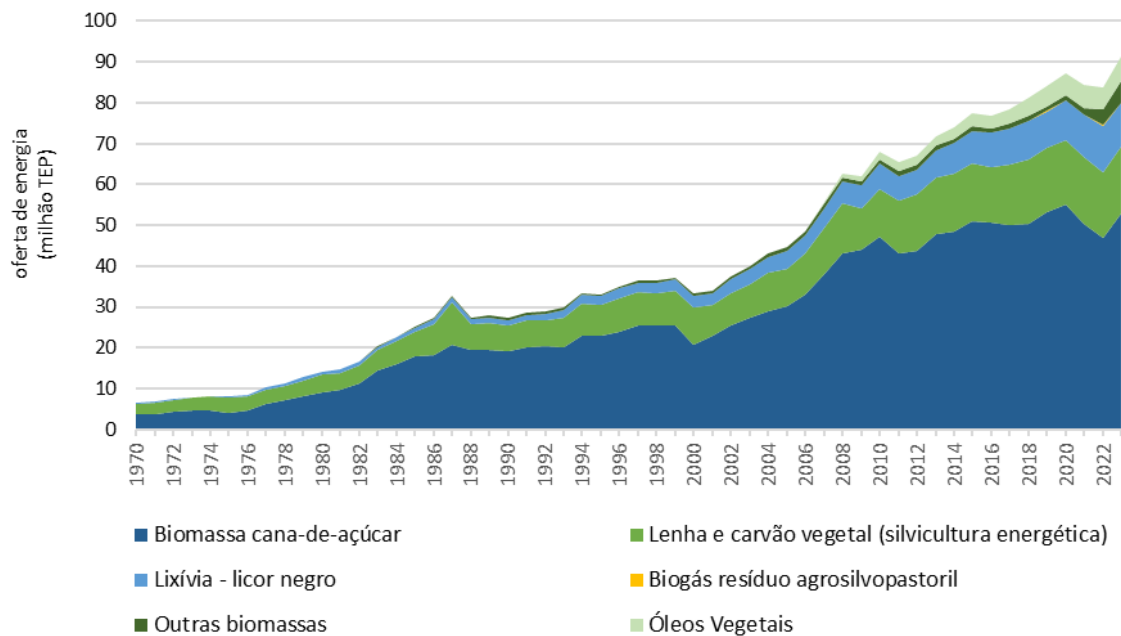
Nota: ¹ inclui gás industrial de carvão vegetal; ² inclui as fontes solar fotovoltaica e solar térmica.

A análise integrada entre os dados anteriores e aqueles apresentados nos Gráficos 6 e 7 reforça essas transformações na matriz energética brasileira, destacando o papel estratégico da bioenergia do agronegócio ao longo das últimas cinco décadas.

No início dos anos 1970, a contribuição agropecuária à oferta energética apresentada elevada participação da lenha e carvão vegetal, que respondiam por mais de 40% da bioenergia do setor. Essa configuração começou a se alterar a partir dos anos 1980, quando a produção de derivados da biomassa da cana-de-açúcar se intensificou, impulsionada pela implementação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool). Apesar disso, o final da década ainda foi marcado pela ampliação das fontes fósseis na matriz energética brasileira, cuja participação passou de 41,7% em 1970 para 56,1% em 1979.

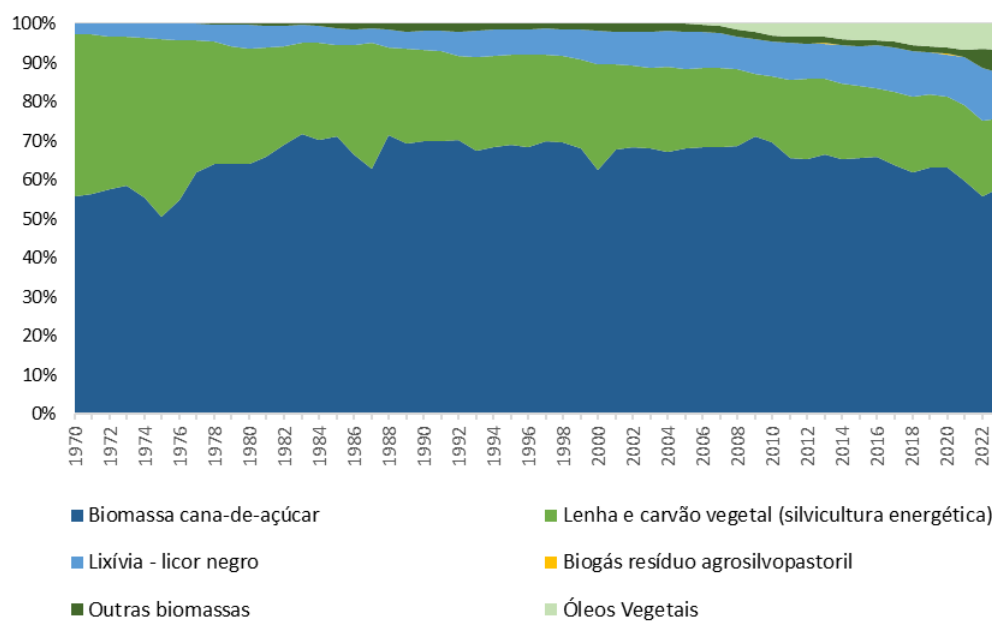
Durante os anos 1980, especialmente até 1987, observou-se um avanço expressivo da bioenergia da cana-de-açúcar, que atingiu 20,8 milhões de TEP naquele ano — o equivalente a 63,3% da bioenergia do agronegócio e 14,5% da oferta total de energia do país. Nesse período, a participação da bioenergia agropecuária na matriz energética alcançou 23,0%, impulsionada também pelo surgimento da lixívia (licor negro) como nova fonte energética, associada à indústria de celulose.

GRÁFICO 6. OFERTA INTERNA DE ENERGIA PELAS FONTES DE BIOENERGIA VINCULADAS AO AGRONEGÓCIO, 1970-2023



Fonte: Elaboração própria.

GRÁFICO 7. PARTICIPAÇÃO DAS FONTES DE BIOENERGIA NA OFERTA DE ENERGIA VINCULADA AO AGRONEGÓCIO, 1970-2023



Fonte: Elaboração própria.

Entre 1988 e 2003, a participação da bioenergia do agronegócio na matriz nacional permaneceu relativamente estagnada, oscilando em torno de 20%. Houve, entretanto, crescimento expressivo da oferta de lixívia, que passou de 1,2 milhão para 3,7 milhões de TEP. Por outro lado, o desempenho da cana-de-açúcar foi impactado negativamente pela crise do etanol no final dos anos 1980 e pela oscilação da produção no período de desregulamentação do setor. Esse cenário contribuiu para a redução da participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira, que atingiu seu ponto mais baixo em 2001, com apenas 38,7% de participação — essa condição reforça a dependência estrutural da matriz brasileira em relação à oferta de bioenergia vinculada ao agronegócio.

A partir de 2003, essa tendência foi amplamente revertida. As duas décadas seguintes foram marcadas por forte expansão e diversificação da agroenergia. A oferta de energia proveniente da cana quase triplicou, impulsionada pela popularização dos veículos *flex-fuel* e pela expansão da bioeletricidade gerada com bagaço de cana-de-açúcar. A produção de lenha e carvão vegetal também duplicou no período, refletindo o fortalecimento da silvicultura energética como atividade comercial. A lixívia, por sua vez, teve crescimento próximo a 300%, acompanhando a expansão da indústria de papel e celulose.

Além das rotas tradicionais, foram observados avanços importantes em novas fontes de bioenergia nesse período. A produção de óleos vegetais cresceu de forma acentuada após a criação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) em 2004, atingindo 6,2 milhões de TEP em 2023. Também se destaca a incorporação de outras biomassas agrícolas, como soja e milho, utilizadas na produção de biodiesel e etanol de milho, respectivamente. Mais recentemente, o biogás proveniente de resíduos agrossilvopastoris e coprodutos da agroindústria passou a integrar a matriz, com crescimento contínuo e promissora perspectiva de expansão.

Em síntese, a trajetória da bioenergia agropecuária foi um dos pilares da transição energética brasileira. Em 2023, as fontes renováveis representaram 49,1% da matriz energética nacional — proporção que cairia para apenas 20,0% caso a contribuição do agronegócio fosse desconsiderada, aproximando o país da média global, estimada em 15%.

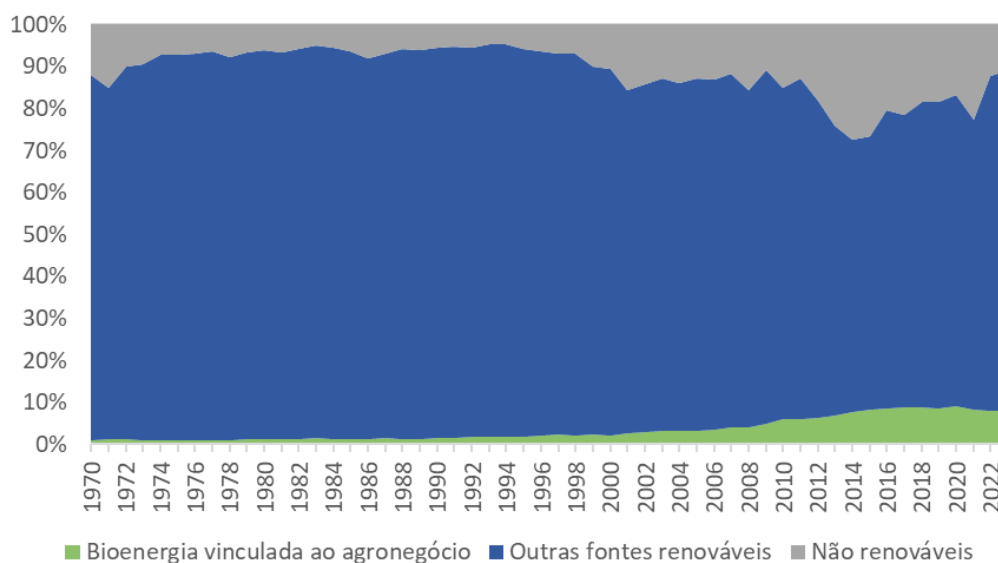
Além da expressiva contribuição quantitativa, a diversificação das fontes bioenergéticas — que passou de um modelo centrado em lenha, carvão e derivados da cana para um portfólio que inclui óleos vegetais, lixívia, biogás e novas biomassas agrícolas — evidencia a resiliência e a relevância estratégica da bioenergia do agronegócio no contexto de uma economia de baixo carbono.

3.2.2 USOS E DESTINOS DA BIOENERGIA VINCULADA AO AGRONEGÓCIO

A análise dos usos e destinos da energia oriunda do agronegócio entre os diferentes setores da economia brasileira requer uma consideração metodológica adicional em relação à abordagem apresentada na seção anterior. Essa ressalva está relacionada ao fato de que, no caso da energia elétrica, não é possível rastrear a origem específica de cada megawatt-hora consumido por setor, devido à natureza integrada e centralizada do sistema elétrico nacional. Em outras palavras, uma vez que a energia gerada por diversas fontes é injetada em um sistema interligado, os consumidores finais não acessam diretamente uma fonte específica, mas sim uma composição média da matriz elétrica nacional vigente naquele ano.

Dessa forma, para fins analíticos e comparativos, adotou-se a premissa de que a composição das fontes utilizadas para geração de energia elétrica é homogênea para todos os setores consumidores em cada ano. Assim, atribui-se a cada megawatt-hora consumido por um setor a mesma proporção anual de participação das diferentes fontes da matriz elétrica, conforme detalhado no Gráfico 8 a seguir. Essa aproximação permite desagregar, com coerência metodológica, a contribuição das fontes renováveis vinculadas ao agronegócio na energia elétrica consumida por cada setor da economia brasileira.

GRÁFICO 8. PARTICIPAÇÃO AGREGADA DAS FONTES DE ENERGIA NA OFERTA INTERNA DE ELETRICIDADE NO BRASIL, 1970 A 2023



Fonte: Elaboração própria.

Com base nessa premissa, o Gráfico 8 sintetiza o destino da bioenergia do agronegócio nos diferentes setores da economia brasileira, entre os anos de 1970 e 2023, permitindo identificar padrões de permanência e mudança no uso dessa importante fonte de energia renovável.

Historicamente, o setor industrial se consolidou como o principal consumidor da bioenergia vinculada ao agronegócio. No início da série, esse setor absorvia mais de 70% da oferta total dessas fontes, tendência que se estabilizou em cerca de 50% nas últimas décadas. Essa dominância reflete a intensa utilização de biomassa sólida (como lenha e carvão vegetal) e de subprodutos industriais (como lixívia) nos processos industriais térmicos, particularmente nos subsetores de alimentos e bebidas, papel e celulose, cerâmica e ferroligas. A alta penetração da bioenergia nesse setor decorre não apenas da disponibilidade desses insumos, mas também de sua competitividade econômica e de sua viabilidade técnica para a geração de calor e vapor em processos contínuos.

O setor de transportes desponta como o segundo maior consumidor da bioenergia do agro, com expansão significativa a partir da década de 1980, impulsionada pela introdução do etanol hidratado no contexto do Proálcool. Posteriormente, na década de 2000, observa-se uma nova inflexão ascendente com a institucionalização do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) e o crescimento da frota *flex-fuel*. Esses movimentos estruturais consolidaram o etanol e o biodiesel como pilares da matriz energética do setor de transportes brasileiro.

Já o setor energético, responsável por autoprodução e cogeração de energia elétrica e térmica, apresentou um aumento importante na participação relativa da bioenergia do agro entre os anos 1980 e início dos anos 2000. Essa trajetória reflete a ampliação da geração elétrica a partir da queima de bagaço de cana nas usinas sucroenergéticas e da lixívia nas plantas de celulose. No entanto, ao contrário do que se poderia esperar, a participação do setor energético na destinação da bioenergia agropecuária permanece estável ou levemente declinante nas duas últimas décadas, o que indica que, embora a oferta absoluta tenha aumentado, a proporção relativa destinada ao setor energético foi compensada pelo crescimento da demanda em outros setores, notadamente industrial e transportes.

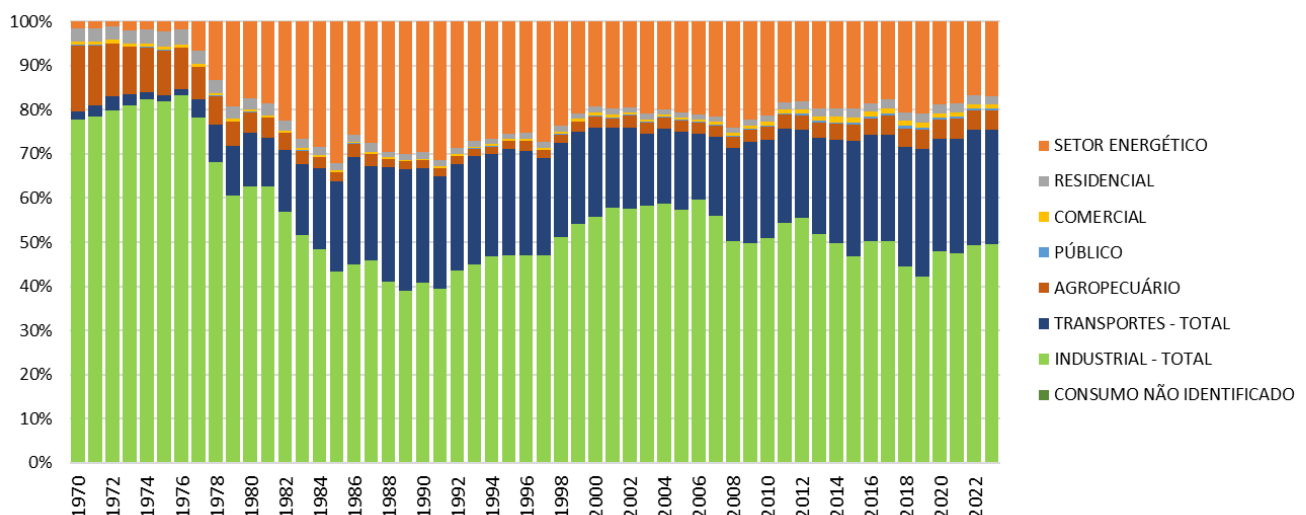
Os setores residencial, público, comercial e agropecuário, embora com participação mais modesta no consumo da bioenergia do agronegócio, apresentam crescimento paulatino ao longo da série histórica.

Em termos evolutivos, destaca-se que a estrutura de destinação da bioenergia do agronegócio tem se mantido relativamente estável desde os anos 2000, com predomínio do setor industrial, seguido

por transportes e setor energético. Essa estabilidade estrutural, combinada com o crescimento absoluto da oferta, evidencia o papel consolidado dessas fontes no suporte energético às cadeias produtivas mais intensivas em energia do país.

Essa análise reforça que a bioenergia vinculada ao agronegócio não apenas contribui significativamente para a diversificação da matriz energética brasileira, mas está estrategicamente posicionada nos setores com maior consumo e impacto econômico. A centralidade da indústria, pautada especialmente pela presença das agroindústrias, e dos transportes como destinos principais dessas fontes evidencia que políticas públicas voltadas à expansão e à eficiência dessas rotas bioenergéticas podem ter impactos multiplicadores relevantes.

GRÁFICO 9. DESTINO DA BIOENERGIA PRODUZIDA PELO AGRONEGÓCIO ENTRE OS DIFERENTES SETORES DA ECONOMIA BRASILEIRA, 1970 A 2023



Fonte: Elaboração própria.

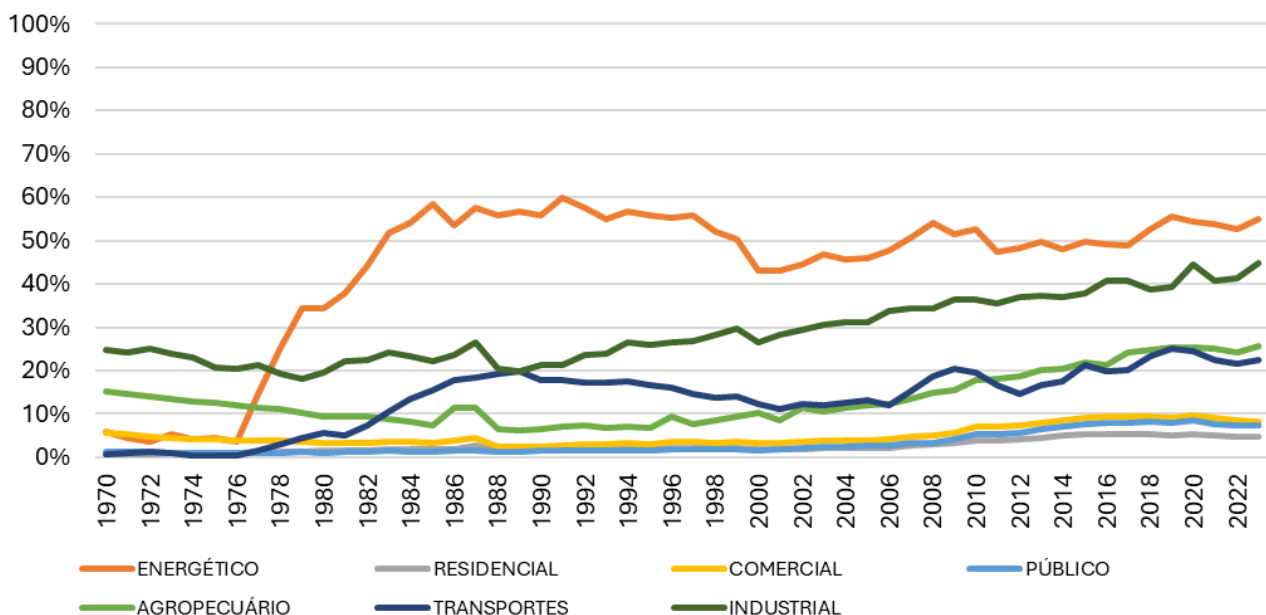
A análise apresentada até aqui concentrou-se na destinação da bioenergia vinculada ao agronegócio, isto é, nos setores da economia brasileira que mais consomem essa fonte energética em termos absolutos. No entanto, essa abordagem, embora relevante, não capta integralmente a importância relativa da bioenergia agropecuária na matriz energética de cada setor. Para uma compreensão mais abrangente, é necessário adotar uma perspectiva complementar, que examine não apenas para onde vai essa energia, mas qual o seu peso específico no consumo energético total de cada setor da economia brasileira.

Essa distinção é fundamental. Um setor com baixa demanda energética total pode ter uma participação modesta no consumo agregado de bioenergia do agronegócio, mas essa fonte pode

representar uma parcela significativa de sua matriz energética. Por outro lado, setores com elevada demanda energética podem absorver volumes expressivos de bioenergia agropecuária, mas essa contribuição pode representar uma fração reduzida de seu consumo total. Em outras palavras, a análise que se segue busca avaliar a intensidade e a representatividade da bioenergia vinculada ao agronegócio no consumo energético de cada setor, permitindo inferências mais precisas sobre sua dependência, sua resiliência energética e seu potencial de descarbonização.

Isso posto, os dados apresentados no Gráfico 10 revelam a evolução da participação da bioenergia associada ao agronegócio no consumo total de energia dos principais setores da economia brasileira. Em outras palavras, os dados apresentados retratam a intensidade de uso da bioenergia do agro no consumo de energia de cada setor.

GRÁFICO 10. PARTICIPAÇÃO DA BIONERGIA DO AGRONEGÓCIO NO CONSUMO TOTAL DE ENERGIA NOS SETORES DA ECONOMIA BRASILEIRA, 1970 A 2023



Fonte: Elaboração própria.

No setor energético, a presença da bioenergia do agronegócio se destaca com participação superior 50% na demanda total deste segmento desde o final da década de 1970. Essa participação elevada decorre da ampliação da geração de vapor e eletricidade a partir de biomassa, sobretudo bagaço de cana-de-açúcar.

O segmento industrial também apresentou participação significativa da bioenergia do agronegócio em sua matriz energética, mantendo níveis superiores a 25% ao longo de grande parte da série histórica e superando 40% nos anos mais recentes. Essa participação crescente está associada ao uso de lenha e carvão vegetal da silvicultura comercial, ao emprego do bagaço de cana-de-açúcar, ao crescente uso da lixívia na indústria de papel e celulose, além de energia elétrica e outras biomassas.

A partir dos anos 2000, observa-se um crescimento gradual da presença da bioenergia no setor de transportes, impulsionado pela consolidação do etanol hidratado, da mistura obrigatória de etanol anidro à gasolina e pela implementação do programa de biodiesel. Setores como comércio, serviços públicos e agropecuária registram participações mais modestas, porém crescentes, refletindo tanto a descentralização da geração quanto o uso de biocombustíveis em frotas próprias e o aproveitamento energético de resíduos em unidades produtivas rurais.

No caso do setor industrial, chama a atenção a penetração da bioenergia oriunda do agro atingir níveis superiores àqueles observados no setor de transporte, onde a presença de etanol e biodiesel é marcante. Nesse contexto, o Gráfico 10 a seguir traz a participação da bioenergia do agro em cada um dos subsetores do segmento industrial, permitindo um entendimento mais detalhado e completo deste cenário.

O subsetor de alimentos e bebidas lidera historicamente essa participação, com crescimento constante desde os anos 1990. A partir de 2006, sua dependência da bioenergia ultrapassa 80%, permanecendo nesse patamar nos anos seguintes. Esse comportamento reflete o uso intensivo de biomassa da cana-de-açúcar na geração de vapor e calor, especialmente na indústria de açúcar, bem como o uso de lenha e cavaco de madeira em processos como secagem, cocção e pasteurização.

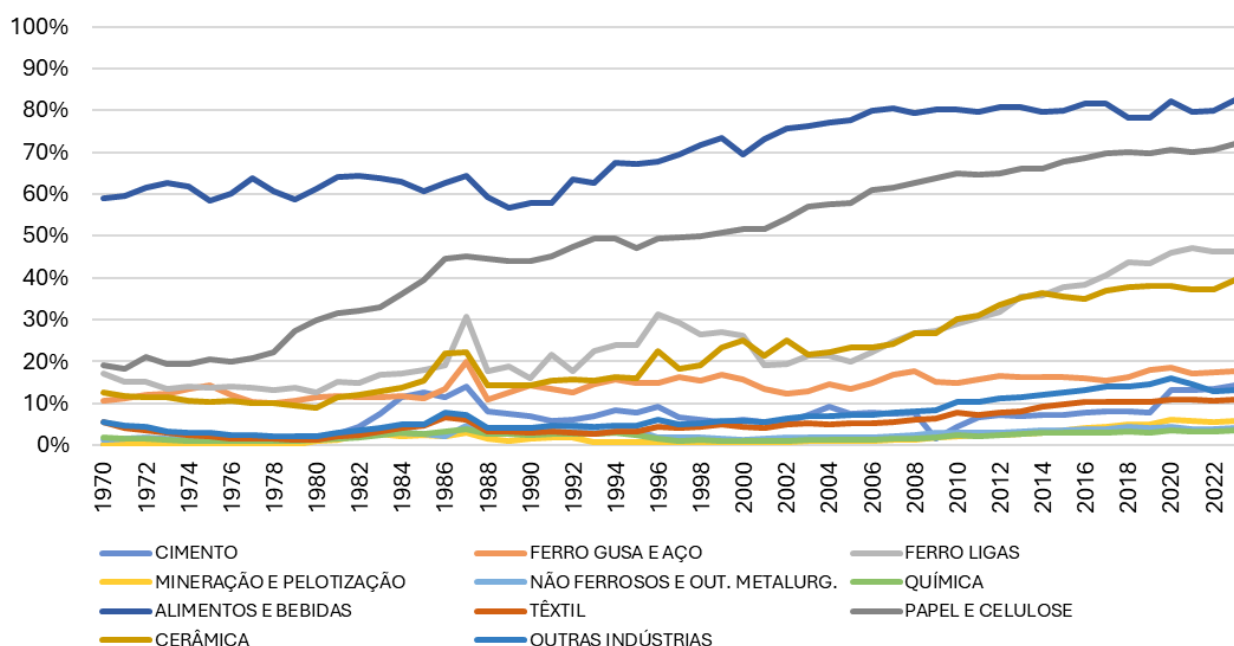
O setor de papel e celulose também apresenta forte crescimento da participação da bioenergia agropecuária, superando 50% no início dos anos 1990 e alcançando cerca de 70% em 2023. Esse desempenho está diretamente associado ao uso da lixívia (licor negro) como fonte de calor e eletricidade, configurando um modelo de autossuficiência energética eficiente, com benefícios ambientais e possibilidade de exportação de excedentes energéticos.

Outro destaque é o subsetor de ferroligas, responsável pela produção de ligas metálicas como ferrosilício, ferro-manganês e ferro-cromo, fundamentais para a siderurgia. Desde os anos 1970, esse subsetor apresenta uso relevante de carvão vegetal e lenha de florestas plantadas como

agentes redutores em fornos de alta temperatura. A partir dos anos 2000, a participação da bioenergia do agronegócio nessa indústria ultrapassa 40% e mantém tendência de crescimento, refletindo tanto a viabilidade econômica do carvão vegetal frente ao coque mineral quanto a valorização ambiental de práticas de produção mais sustentáveis.

A mesma tendência crescente é observada no subsetor de cerâmica, cuja produção depende fortemente do uso de fornos a lenha. O avanço da silvicultura energética e a ampliação da produção cerâmica a partir dos anos 2000 resultaram em aumento expressivo da participação da bioenergia do agronegócio no consumo total de energia nesse segmento, atingindo quase 40% em 2023. Essa transição, silenciosa e progressiva, reflete o esforço por fontes energéticas mais limpas e acessíveis, especialmente em regiões com menor acesso a gás natural.

GRÁFICO 11. PARTICIPAÇÃO DA BIOENERGIA VINCULADA AO AGRONEGÓCIO NO CONSUMO ENERGÉTICO TOTAL DOS SUBSETORES DO SEGMENTO INDUSTRIAL, 1970 A 2023



Fonte: Elaboração própria.

Por outro lado, subsectores como ferro gusa e aço, mineração e pelotização, química, têxtil e não ferrosos apresentam comportamentos mais instáveis, com oscilações na participação da bioenergia vinculadas a fatores como políticas de substituição de combustíveis, disponibilidade regional de biomassa, preços relativos das fontes e mudanças tecnológicas. Ainda assim, a presença da

bioenergia agropecuária nesses segmentos apresenta tendência de expansão, sobretudo em contextos de transição energética e metas de descarbonização.

Em síntese, os dados evidenciam que a oferta de bioenergia vinculada ao agronegócio é a fonte principal de energia em importante setores com presença maciça das agroindustriais. Entretanto, além desses setores agroindustriais tradicionais, a bioenergia de origem agrícola ao longo do tempo também se consolidou como vetor estratégico de descarbonização, eficiência energética e competitividade industrial em outras áreas da indústria brasileira, com destaque para os subsetores de ferroligas e cerâmica.

4. CONCLUSÃO

O presente estudo buscou aprofundar a compreensão da complexa e estratégica relação entre o setor agropecuário brasileiro e a energia, abordando de forma integrada duas dimensões frequentemente analisadas de maneira fragmentada: o consumo energético do agronegócio e sua contribuição efetiva na oferta de energia, em especial de bioenergia moderna.

A análise do consumo de energia pelo setor agropecuário brasileiro revelou que o país apresenta uma intensidade energética física e econômica inferior à média global, tanto em métricas por hectare quanto por valor agregado, posicionando-se de forma competitiva frente a grandes produtores globais. Contudo, persiste uma dependência relevante de combustíveis fósseis, sobretudo diesel, que mantém o setor exposto a riscos econômicos, pressões climáticas e desafios tecnológicos, em um cenário internacional cada vez mais exigente em eficiência, descarbonização e segurança energética (IEA, 2023; IPCC, 2023).

Ao integrar abordagens baseadas em estatísticas diretas (FAO, EPE) e modelagem econômica global (GTAP-Power), o estudo evidencia que, embora o perfil energético do agro brasileiro seja relativamente eficiente, há subestimação recorrente da energia incorporada em insumos, logística e industrialização, o que reforça a necessidade de metodologias híbridas e triangulações analíticas mais robustas, alinhadas às práticas internacionais recomendadas por FAO, IEA, IPCC e GTAP Consortium.

Na dimensão da oferta de energia, a análise mostrou que o agronegócio brasileiro é um dos pilares estruturantes da bioenergia moderna no país, responsável por aproximadamente 20% da matriz energética nacional, posição inédita e pouco reconhecida na literatura internacional. O setor não apenas contribui com volumes expressivos de energia renovável – seja na forma de biocombustíveis líquidos, bioeletricidade, biomassa sólida ou biogás – como também sustenta a liderança do Brasil como uma das matrizes energéticas mais renováveis do mundo (BEN, 2024; IRENA, 2023).

A análise histórica e setorial da bioenergia vinculada ao agronegócio evidencia sua crescente e estruturante relevância para a matriz energética brasileira. Ao longo de mais de cinco décadas, a oferta desse segmento produtor de energia renovável passou por significativa ampliação quantitativa e crescente diversificação tecnológica, consolidando-se como um importante vetor de transição energética do país.

A base física dessa fonte energética reside na conversão de energia solar em biomassa por meio da fotossíntese, permitindo a geração de energia térmica, elétrica ou combustíveis líquidos a partir de materiais vegetais, como cana-de-açúcar, madeira, óleos e grãos, e também de resíduos de origem animal, como gordura, esterco e sebo. Em 2023, essa oferta representou aproximadamente 30% da oferta interna de energia do Brasil, sendo a segunda maior fonte da matriz energética nacional, atrás apenas do petróleo e seus derivados.

Dentro do conjunto de fontes renováveis, a força do agronegócio é ainda mais evidente: cerca de 60% da energia renovável ofertada no país tem origem em cadeias agropecuárias e agroindustriais — como a cana-de-açúcar, a da lixivia com papel e celulose, a silvicultura energética e os óleos vegetais, entre outros. A magnitude dessa contribuição ganha contornos estratégicos quando se considera que, na ausência da bioenergia do agronegócio, a participação das fontes renováveis na matriz brasileira cairia de 49,1% para apenas 20%, aproximando o país do padrão médio global, atualmente em torno de 15%.

A influência dessa bioenergia transcende sua contribuição na geração de eletricidade ou de combustíveis líquidos. Ela se tornou um elemento central na estrutura de consumo energético de setores industriais intensivos em calor, como alimentos e bebidas, papel e celulose, cerâmica e metalurgia. Em diversos subsetores, como alimentos, bebidas, papel e celulose, sua participação supera 70% do consumo energético, evidenciando seu efeito não apenas como energia substituta às fontes fósseis, mas como base energética dominante.

Ao articular competitividade produtiva, segurança energética e redução de emissões, a bioenergia vinculada ao agronegócio assume posição estratégica no contexto energético nacional. Mais do que uma fonte de energia, trata-se de um componente integrado à estrutura produtiva brasileira, com capacidade de promover articulações intersetoriais e desenvolvimento regional. A atuação destacada do Brasil nos mercados globais de *commodities* agrícolas encontra, na bioenergia, uma dimensão adicional: a consolidação de um setor que também oferece energia renovável competitiva, ampliando o papel do país na transição energética e na construção de uma matriz menos dependente de fontes fósseis.

Ao articular essas duas dimensões, o relatório reforça que o setor agropecuário brasileiro ocupa uma posição estratégica dual na transição energética nacional e global:

- Como demandante relevante de energia, com desafios claros para avançar em eficiência, eletrificação e substituição de fósseis, elevando sua competitividade em mercados internacionais de baixo carbono.
- E como fornecedor estruturante de bioenergia moderna, com potencial de expandir sua contribuição para a descarbonização da matriz energética brasileira, para o fornecimento de soluções energéticas renováveis ao mundo, e para consolidar o país como protagonista da bioeconomia de carbono negativo.

Esse protagonismo, no entanto, não é automático. Exige visão estratégica integrada, investimentos em inovação, políticas públicas convergentes, fortalecimento das cadeias bioenergéticas e superação de barreiras tecnológicas e logísticas, especialmente no uso da bioenergia em cadeias produtivas ainda dominadas por fósseis e no aproveitamento energético de resíduos agropecuários.

Neste contexto, o presente relatório contribui para qualificar o debate nacional e internacional, oferecendo diagnósticos robustos, dados comparáveis e argumentos técnicos fundamentados que posicionam o agronegócio brasileiro como ator central da transição energética justa, sustentável e competitiva.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, Angel et al. The GTAP-Power Data Base: Disaggregating the electricity sector in the GTAP Data Base. *Journal of Global Economic Analysis*, v. 4, n. 2, p. 1-57, 2019.

BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO (BID). *Productivity and energy intensity in Latin America*. Washington, D.C.: BID, 2021.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional: séries históricas completas**. Rio de Janeiro: EPE, 2025. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/BEN-Series-Historicas-Completas>. Acesso em: 1 maio 2025.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional: manual metodológico**. 2. ed. Rio de Janeiro: EPE, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-578/BEN%20Manual%202022.pdf>. Acesso em: 1 maio 2025.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Nota técnica: consumo de lenha e carvão vegetal no setor residencial**. Rio de Janeiro: EPE, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-578/Nota%20T%C3%A9cnica%20Consumo%20de%20lenhaCV%20Residencial%20final%202021.pdf>. Acesso em: 1 maio 2025.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html>. Acesso em: 1 maio 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2024: ano base 2023**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2024>. Acesso em: 1 maio 2025.

CHEN, Y. et al. Energy-related CO2 emissions embodied in agricultural trade: the role of inter-country linkages. *Journal of Cleaner Production*, v. 244, 2020.

CIBIOGÁS. **Produção de biogás no Brasil**. Painel interativo. Foz do Iguaçu, PR: CIBiogás, 2025. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojNDZiYTUyNGQYzYliYS00NTMyLTk1Y2EtOWZmZjE4OTgwY2VklwiwCI6ImMzOTg3ZmI3LTQ5ODMtNDA2Ny1iMTQ2LTc3MGU5MWE4NGViNSJ9>. Acesso em: 1 maio 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. FAOSTAT database: energy use in agriculture. Rome, 2025. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: abril 2025.

- GHISELLINI, A. et al. Evaluating the energy and land use efficiency of global agricultural production. *Environment, Development and Sustainability*, v. 17, p. 877–892, 2015.
- HERRMANN, Sylvia et al. Sustainability of regional bioenergy systems: a comparative study of bioenergy utilization in Germany and Sweden. *Biomass and Bioenergy*, v. 63, p. 189-200, 2014.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Agriculture and energy transitions: global pathways and sector analysis*. Paris: IEA, 2023.
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY – IRENA. *Renewable Energy in Agriculture: Towards a Climate Smart Future*. Abu Dhabi, 2023.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate change 2023: mitigation of climate change. Sixth Assessment Report, WG3*. Geneva: IPCC, 2023.
- MRÓWCZYŃSKA-KAMIŃSKA, Anna et al. The energy intensity of agriculture in Poland and the European Union. *Energies*, v. 17, 2024.
- ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGÍA (OLADE). *BIEE: sistema de indicadores de eficiencia energética da América Latina e Caribe*. Quito: OLADE, 2021.
- PELLETIER, N. et al. Energy intensity of agriculture and food systems. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 36, p. 223–246, 2011.
- PROGRAMA DE ENERGIA PARA O BRASIL (BEP). *Biogás no Brasil: potencial oferta a curto prazo*. Relatório técnico 02-2021. São Paulo: BEP, 2021. Disponível em: <https://i17.eco.br/wp-content/uploads/2022/11/RT02-2021.pdf>. Acesso em: 1 maio 2025.
- QIN, Y. et al. Global energy use and carbon emissions from irrigated agriculture. *Nature Communications*, v. 15, n. 1, 2024.
- WORLD ENERGY COUNCIL – WEC. *World Energy Trilemma Index 2023*. London, 2023.

6. APÊNDICES

INDICADOR A1 – USO DE ENERGIA POR ÁREA AGROPECUÁRIA (EM GJ/HA)³

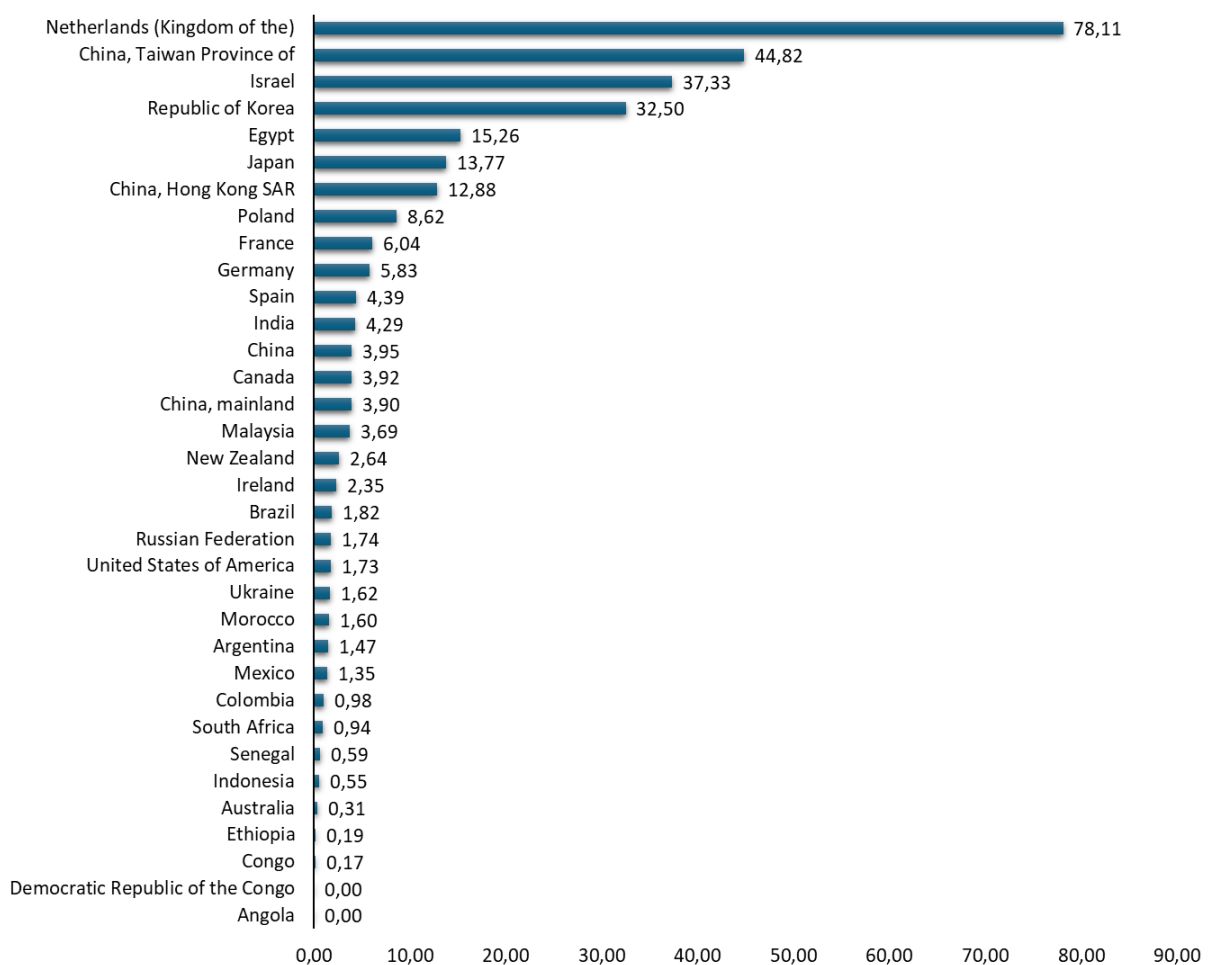
Um primeiro indicador geral de uso de energia na agropecuária pode ser calculado em relação à área total dedicada à agropecuária. Deve-se ter em mente que este indicador pode variar bastante entre países, uma vez que considera em conjunto todas as áreas produtivas, que por sua vez possuem necessidades de energia bastante diferenciadas, como por exemplo, áreas de culturas irrigadas, áreas não irrigadas, áreas dedicadas a hortaliças, áreas de pastagens, entre outras. Dessa forma, países com extensas áreas de agricultura de sequeiro e de pastagens de baixa lotação animal, terão menores indicadores de energia por área total, enquanto países cuja agricultura é intensiva em irrigação ou em produção vegetal em áreas climatizadas (casas de vegetação), ou mesmo em produção pecuária confinada, tendem a ser mais intensivos em energia por área produtiva. Ainda que pesem essas ressalvas, esse indicador captura da forma mais abrangente possível o quanto cada país necessita de energia, em média, por área dedicada à agropecuária, permitindo uma comparação geral entre países das necessidades de energia por área produtiva.

A intensidade energética medida em uso de energia por área total da agropecuária brasileira, de acordo com dados da FAO, foi de 1,8 gigajoule por hectare (GJ/ha) em 2022, ligeiramente superior e comparável à observada em países como Argentina (1,5 GJ/ha), Rússia (1,7 GJ/ha), EUA (1,7 GJ/ha) e México (1,34 GJ/ha) (Figura 1), porém, abaixo da média mundial (1,99 GJ/ha). Em 2019, esse indicador para o Brasil era de 1,7 GJ/ha, e ligeiramente superior nos EUA, Rússia e México. Menores valores de intensidade energética são observados em países da África, Etiópia (0,19 GJ/ha), Congo (0,16 GJ/ha) e Angola (0,004 GJ/ha). Valores relativamente modestos de intensidade energética por área total da agropecuária são também encontrados em alguns países relevantes no cenário agropecuário mundial, como a Austrália (0,3 GJ/ha) e a Indonésia (0,5 GJ/ha). Contudo, intensidades energéticas bem mais elevadas do que as observadas no Brasil são comuns em vários países desenvolvidos e países que apresentam grande volume de produção agropecuária, como China (3,9 GJ/ha), Canadá (3,9 GJ/ha), Alemanha (5,8 GJ/ha) e França (6,0 GJ/ha). Valores que ultrapassam 10 GJ/ha são observados no Japão (13,8 GJ/ha), na Coreia (32,5 GJ/ha), em Israel (37,3 GJ/ha) e Holanda (78,11 GJ/ha). Esses elevados valores em um grupo de países refletem o

³ Um gigajoule equivale à energia suficiente para operar um trator agrícola de médio porte trabalhar por cerca de 1,4 a 2,8 horas, dependendo da eficiência energética do trator, ou para mover um veículo comum por cerca de 400km (equivalente ao uso de aproximadamente 26 litros de gasolina).

padrão de agropecuária desses países associado à elevada produção por área e dependente de tecnologias intensivas em energia, como irrigação e climatização de ambientes. Já a grande extensão de área agropecuária e condições climáticas favoráveis à produção de grãos em países como Brasil, EUA e Argentina, permite produzir com menor intensidade energética por área total agropecuária.

FIGURA A1. USO DE ENERGIA POR ÁREA AGROPECUÁRIA 2022 (EM GJ/HA)



Fonte: Elaboração própria com dados da FAO (2025).

INDICADOR A2 – USO DE DERIVADOS DO PETRÓLEO POR ÁREA DE CULTURAS E FLORESTAS PLANTADAS/MANEJADAS

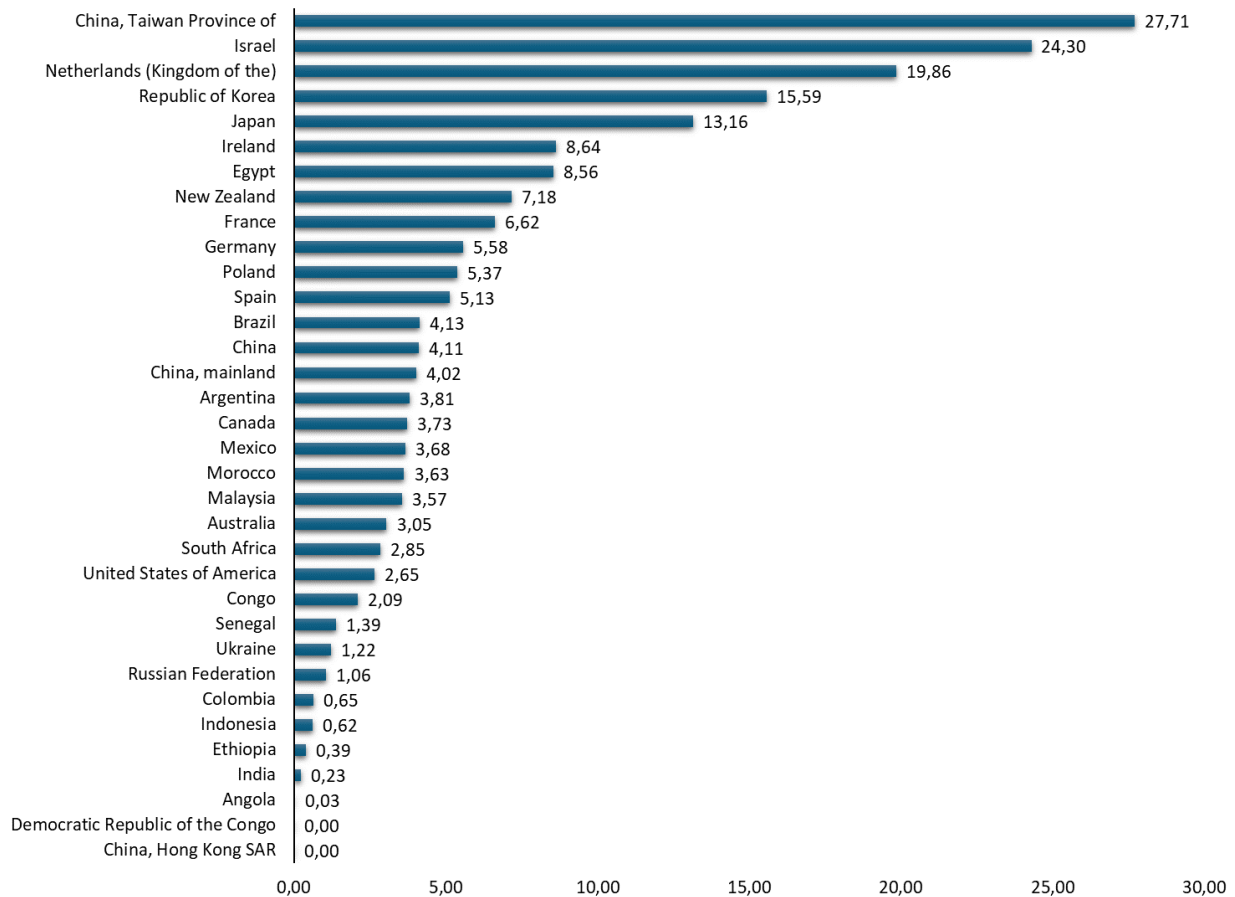
Desde a “revolução verde” o uso de energia fóssil derivada do petróleo se tornou parte relevante do “pacote tecnológico” da agricultura moderna. Contudo, ao mesmo tempo que esse uso permite o aumento da produtividade pelo uso intensivo de tratores, máquinas e equipamentos no campo, o mesmo gera emissões de gases de efeito estufa, afetando negativamente indicadores de sustentabilidade do setor.

O setor agropecuário tem se deparado com a necessidade de reduzir o uso de insumos fósseis e/ou aumentar a sua eficiência, tanto por área produzida quanto por volume e valor da produção. Dessa forma, ao mesmo tempo que maiores valores nesse indicador podem representar sistemas agropecuários mais modernos e intensivos em tecnologia de natureza mecânica, sinaliza para a necessidade de otimizar o uso desses insumos ao longo do tempo de forma a reduzir a “pegada de carbono” da agropecuária.

A Figura A2 apresenta os valores para o indicador de uso de derivados do petróleo por área de culturas e florestas para países selecionados para o ano de 2022. Israel e Holanda possuem os maiores valores em 2022, de 24,3 GJ/ha e 19,9 GJ/ha, respectivamente, enquanto Angola e República Democrática do Congo possuem os menores valores, com índices inferiores a 0,03 GJ/ha. A média mundial é de 2,7 GJ/ha. No Brasil, o indicador foi de 4,1 GJ/ha em 2022, à frente da China (4,11 GJ/ha), Argentina (3,8 GJ/ha), Canadá (3,7 GJ/ha) e México (3,7 GJ/ha), e inferior à Alemanha (5,6 GJ/ha), França (6,6 GJ/ha), Nova Zelândia (7,2 GJ/ha), Irlanda (8,6 GJ/ha) e Japão (13,2 GJ/ha).

Dessa forma, o Brasil apresenta uma intensidade de uso de derivados de petróleo por área que é superior à média mundial e a de países competidores e relevantes no cenário mundial, como Argentina, China e Canadá, e inferior à de países da União Europeia, e bem inferior aos países de maior intensidade. Chama a atenção a baixa intensidade nos EUA (2,6 GJ/ha), o que sugere uma elevada eficiência em máquinas e equipamentos que dependem dos combustíveis derivados do petróleo, e na Índia (0,23 GJ/ha), o que por sua vez deve ser por conta de maior intensidade no uso de mão de obra na agropecuária e baixa intensidade relativa no uso de máquinas e equipamentos dependentes de combustíveis fósseis.

FIGURA A2. USO DE DERIVADOS DO PETRÓLEO POR ÁREA DE CULTURAS E FLORESTAS PLANTADAS/MANEJADAS (GJ/HA)



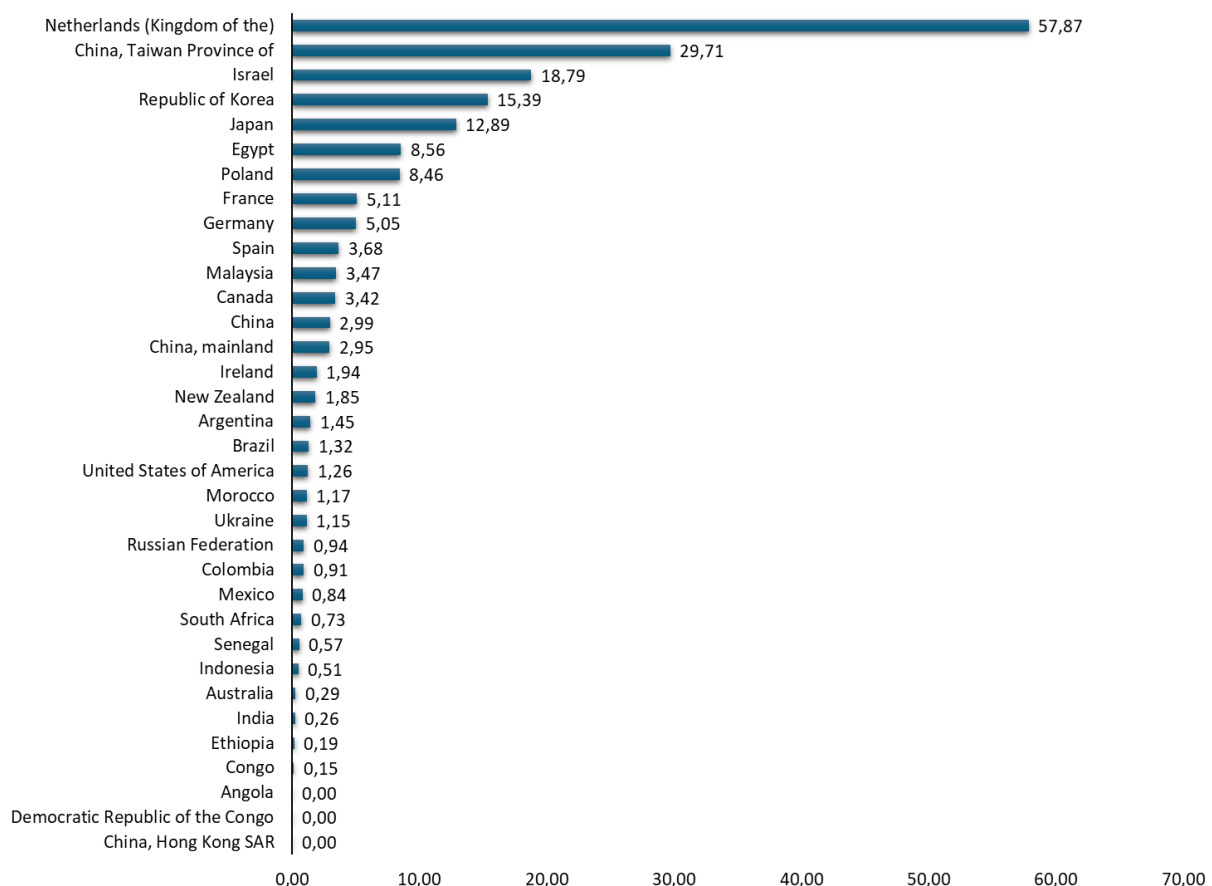
Fonte: Elaboração própria com dados da FAO (2025).

INDICADOR A3 – USO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS POR ÁREA AGROPECUÁRIA TOTAL (GJ/HA)

Além dos derivados de petróleo, os demais combustíveis de origem fóssil (carvão e gás natural) são usados na agropecuária de diferentes países com os mais diversos fins. Em países de clima frio e temperado, por exemplo, esses combustíveis podem ser usados para fins de aquecimento de ambientes de produção animal e/ou vegetal. Operações de secagem de grãos e outros produtos agropecuários também podem utilizar esses combustíveis, entre outras. Dessa forma, o uso de combustíveis fósseis por área agropecuária fornece uma medida comparável da dependência do setor por esse tipo de energia por hectare de área produtiva de cada país.

Entre os países selecionados para análise, o Brasil apresenta um indicador de uso de fósseis por hectare relativamente baixo, de apenas 1,3 GJ/ha em 2022, inferior à média mundial (1,5 GJ/ha), ligeiramente inferior ao da Argentina (1,4 GJ/ha) e ligeiramente superior ao dos EUA (1,26 GJ/ha). As extensas áreas agropecuárias desses países contribuem para indicadores menores em relação a países com menores extensão de área. Contudo, esse indicador é ao menos duas vezes maior na China, e bem superior no Canadá (3,4 GJ/ha), países que também detêm grande extensão territorial e agropecuária. Ainda, países da Europa, como Espanha (3,7 GJ/ha), Alemanha (5,0 GJ/ha) e França (5,1 GJ/ha) possuem indicadores que superam em cerca de 3 vezes o indicador brasileiro. Enquanto Japão, Coreia, Israel e Holanda, lideram o ranking nesse indicador, com valores de 12,9 GJ/ha, 15,4 GJ/ha, 18,8 GJ/ha e 57,9 GJ/ha, respectivamente. Esses valores revelam que o Brasil se encontra em uma posição bem mais favorável no que diz respeito à baixa pegada de uso de combustível fóssil por 1000 hectares do que vários países desenvolvidos, e em posição similar a dos seus principais competidores do continente americano.

FIGURA A3. USO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS POR ÁREA AGROPECUÁRIA TOTAL (GJ/HA)



Fonte: Elaboração própria com dados da FAO (2025).

TABELA A1. HISTÓRICO DO FLUXO DE ENERGIA DO BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (MIL TEP)

Fluxo de energia	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
OFERTA INTERNA BRUTA	66.891	114.662	142.022	190.096	269.047	289.514	303.643	303.158	313.915
TOTAL TRANSFORMAÇÃO	-3.858	-7.748	-10.846	-13.760	-18.713	-25.383	-29.777	-22.300	-21.529
REFINARIAS DE PETRÓLEO	-594	-598	-8	-671	-157	-1.145	-219	-113	-233
PLANTAS DE GÁS NATURAL	-6	-5	-59	-453	-30	-252	-234	-375	-248
USINAS DE GASEIFICAÇÃO	-42	-15	-32	-14	0	0	0	0	0
COQUERIAS	-99	-194	-638	-474	-404	-176	-208	-194	-182
CICLO DO COMBUSTÍVEL NUCLEAR	0	0	0	-32	-77	-65	-68	-67	-70
CENTRAIS. ELET. SERV. PÚBLICO	-942	-1.079	-1.655	-5.018	-8.062	-9.538	-14.808	-7.473	-6.775
CENTRAIS ELET. AUTOPRODUTORAS	-410	-665	-1.180	-2.545	-5.795	-10.028	-9.664	-9.420	-9.692
CARVOARIAS	-1.727	-4.539	-6.312	-4.304	-3.870	-3.867	-4.059	-3.924	-3.723
DESTILARIAS	-39	-377	-939	-188	-264	-42	18	-44	-33
OUTRAS TRANSFORMAÇÕES	0	-278	-22	-60	-54	-271	-534	-690	-571
PERDAS DISTRIB. ARMAZENAGEM	-933	-2.556	-3.482	-5.872	-8.276	-9.681	-9.576	-9.311	-9.561
CONSUMO FINAL	62.107	104.386	127.558	171.299	241.399	253.785	264.533	271.714	282.463
CONSUMO FINAL NÃO ENERGÉTICO	1.471	5.641	9.953	14.293	17.686	12.563	13.933	16.147	15.993
CONSUMO FINAL ENERGÉTICO	60.637	98.745	117.606	157.006	223.713	241.222	250.600	255.567	266.471
SETOR ENERGÉTICO	1.551	5.874	12.042	12.847	24.580	26.317	25.423	23.450	24.886
RESIDENCIAL	22.076	20.958	18.065	20.744	23.845	28.298	28.577	28.963	30.142
COMERCIAL	850	1.794	2.937	4.973	6.775	8.061	8.659	9.330	10.109
PÚBLICO	417	1.159	1.732	3.243	3.636	3.976	3.968	4.128	4.217
AGROPECUÁRIO	5.351	5.752	6.027	7.323	10.010	13.012	13.143	13.082	14.041
TRANSPORTES - TOTAL	13.192	25.715	32.964	47.385	69.614	79.375	85.212	89.426	93.331
RODOVIÁRIO	11.361	21.611	29.276	42.766	63.861	75.086	80.316	83.940	87.642
FERROVIÁRIO	531	689	633	511	1.132	1.225	1.213	1.224	1.276
AÉREO	712	1.735	1.967	3.182	3.241	1.924	2.552	3.161	3.323
HIDROVIÁRIO	588	1.681	1.089	926	1.380	1.140	1.130	1.101	1.091
INDUSTRIAL - TOTAL	17.199	37.494	43.527	60.492	85.253	82.182	85.618	87.187	89.745
CIMENTO	1.292	2.757	2.267	3.338	4.255	4.068	4.352	4.483	4.493
FERRO GUSA E AÇO	3.284	8.694	12.225	14.748	16.445	15.249	17.216	16.432	15.667
FERRO LIGAS	99	502	945	1.174	1.695	2.028	2.082	2.079	1.928
MINERAÇÃO E PELOTIZAÇÃO	263	1.254	1.290	2.221	3.181	2.141	2.297	2.265	2.429
NÃO FERROSOS E OUT. METALURG.	455	1.719	3.345	4.329	6.492	4.834	5.387	5.109	5.389
QUÍMICA	1.166	3.741	4.234	6.420	7.214	5.835	6.494	6.382	5.885
ALIMENTOS E BEBIDAS	5.710	8.133	8.346	12.515	23.243	24.389	21.839	22.519	26.960
TÊXTIL	784	1.147	1.212	1.125	1.212	749	854	794	747
PAPEL E CELULOSE	934	2.664	3.612	6.207	10.131	13.150	13.949	15.085	14.439
CERÂMICA	1.542	2.511	2.331	3.068	4.485	3.717	4.110	3.943	3.721
OUTRAS INDÚSTRIAS	1.670	4.372	3.720	5.348	6.899	6.020	7.039	8.097	8.086
CONSUMO NÃO IDENTIFICADO	0	0	311	0	0	0	0	0	0
AJUSTES ESTATÍSTICOS	7	28	-135	835	-659	-665	243	167	-362

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A2. HISTÓRICO DO FLUXO DE ENERGIA DO BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL: ENERGIA RENOVÁVEL (MIL TEP)

Fluxo de energia	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
OFERTA INTERNA BRUTA	39.029	52.162	69.267	76.928	119.950	140.565	136.666	143.440	153.992
TOTAL TRANSFORMAÇÃO	-1.844	-5.128	-7.719	-5.378	-7.340	-9.542	-9.462	-9.438	-9.371
REFINARIAS DE PETRÓLEO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PLANTAS DE GÁS NATURAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USINAS DE GASEIFICAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COQUERIAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CICLO DO COMBUSTÍVEL NUCLEAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CENTRAIS. ELET. SERV. PÚBLICO	-118	-277	-368	-748	-911	-1.592	-1.081	-1.954	-1.816
CENTRAIS ELET. AUTOPRODUTORAS	39	64	-100	-138	-2.243	-3.822	-4.115	-3.206	-3.569
CARVOARIAS	-1.727	-4.539	-6.312	-4.304	-3.870	-3.867	-4.059	-3.924	-3.723
DESTILARIAS	-39	-377	-939	-188	-264	-42	18	-44	-33
OUTRAS TRANSFORMAÇÕES	0	0	0	0	-53	-220	-226	-310	-229
PERDAS DISTRIB. ARMAZENAGEM	-643	-1.776	-2.989	-4.920	-6.505	-7.683	-7.204	-7.974	-8.312
CONSUMO FINAL	36.542	45.254	58.559	66.651	106.173	123.275	120.036	126.075	136.316
CONSUMO FINAL NÃO ENERGÉTICO	212	252	491	637	587	734	701	649	546
CONSUMO FINAL ENERGÉTICO	36.331	45.002	58.068	66.014	105.585	122.540	119.334	125.425	135.770
SETOR ENERGÉTICO	247	2.349	7.262	6.329	14.734	16.779	16.015	14.784	16.274
RESIDENCIAL	20.142	17.680	12.570	13.468	15.886	18.958	18.656	20.441	21.719
COMERCIAL	614	1.333	2.104	3.798	5.305	6.365	6.332	7.659	8.312
PÚBLICO	286	847	1.479	2.247	2.697	3.064	2.843	3.362	3.491
AGROPECUÁRIO	4.944	3.406	2.723	2.632	4.187	6.278	6.178	6.243	6.820
TRANSPORTES - TOTAL	190	1.491	5.955	5.916	13.650	19.599	19.388	19.409	21.141
RODOVIÁRIO	98	1.422	5.855	5.820	13.483	19.344	19.148	19.161	20.876
FERROVIÁRIO	82	69	100	96	167	255	241	248	265
AÉREO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HIDROVIÁRIO	10	0	0	0	0	0	0	0	0
INDUSTRIAL - TOTAL	9.907	17.895	25.976	31.624	49.124	51.497	49.923	53.528	58.013
CIMENTO	79	366	608	655	639	989	1.037	1.117	1.156
FERRO GUSA E AÇO	1.192	3.674	5.403	4.793	4.740	4.088	4.294	4.272	4.087
FERRO LIGAS	93	413	866	982	1.277	1.656	1.655	1.743	1.619
MINERAÇÃO E PELOTIZAÇÃO	34	257	518	572	836	886	892	932	1.031
NÃO FERROSOS E OUT. METALURG.	264	958	2.368	2.235	2.722	1.849	1.851	2.060	2.306
QUÍMICA	324	779	1.373	1.402	1.814	1.550	1.603	1.844	1.825
ALIMENTOS E BEBIDAS	5.005	6.484	7.270	10.932	21.500	22.531	19.771	20.666	25.190
TÊXTIL	402	432	667	618	698	456	503	529	515
PAPEL E CELULOSE	486	1.480	2.822	4.703	8.525	11.319	11.770	12.998	12.700
CERÂMICA	1.217	1.509	1.779	1.879	2.605	2.144	2.282	2.233	2.203
OUTRAS INDÚSTRIAS	811	1.542	2.300	2.853	3.769	4.031	4.265	5.134	5.379
CONSUMO NÃO IDENTIFICADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AJUSTES ESTATÍSTICOS	0	-4	0	21	68	-66	36	47	7

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A3. HISTÓRICO DO FLUXO DE ENERGIA DO BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL: ENERGIA RENOVÁVEL - BIOENERGIA DO AGRONEGÓCIO (MIL TEP)

Fluxo de energia	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
OFERTA INTERNA BRUTA	6.457	14.220	27.238	33.318	68.026	87.251	84.216	83.759	91.331
TOTAL TRANSFORMAÇÃO	-687	-2.086	-3.856	-3.721	-6.085	-9.106	-8.977	-8.916	-8.890
REFINARIAS DE PETRÓLEO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PLANTAS DE GÁS NATURAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USINAS DE GASEIFICAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COQUERIAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CICLO DO COMBUSTÍVEL NUCLEAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CENTRAIS. ELET. SERV. PÚBLICO	37	132	273	593	2.204	3.763	3.582	3.462	3.575
CENTRAIS ELET. AUTOPRODUTORAS	-109	-326	-684	-1.435	-5.278	-8.961	-8.538	-8.344	-8.677
CARVOARIAS	-577	-1.515	-2.506	-2.691	-2.695	-3.646	-3.813	-3.680	-3.526
DESTILARIAS	-39	-377	-939	-188	-264	-42	18	-44	-33
OUTRAS TRANSFORMAÇÕES	0	0	0	0	-53	-220	-226	-310	-229
PERDAS DISTRIB. ARMAZENAGEM	-71	-218	-254	-227	-660	-939	-878	-827	-850
CONSUMO FINAL	5.699	11.912	23.128	29.379	61.348	77.140	74.397	74.063	81.597
CONSUMO FINAL NÃO ENERGÉTICO	212	252	491	637	587	734	701	649	546
CONSUMO FINAL ENERGÉTICO	5.487	11.660	22.637	28.743	60.761	76.406	73.696	73.414	81.052
SETOR ENERGÉTICO	91	2.017	6.715	5.542	12.916	14.337	13.689	12.325	13.702
RESIDENCIAL	153	301	317	409	911	1.545	1.461	1.419	1.472
COMERCIAL	47	61	72	160	473	792	778	791	846
PÚBLICO	6	13	25	53	193	335	304	301	310
AGROPECUÁRIO	817	540	389	756	1.785	3.318	3.288	3.175	3.587
TRANSPORTES - TOTAL	106	1.423	5.857	5.822	13.538	19.471	19.269	19.273	21.010
RODOVIÁRIO	98	1.422	5.855	5.820	13.483	19.344	19.148	19.161	20.876
FERROVIÁRIO	6	1	2	2	55	127	122	112	134
AÉREO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HIDROVIÁRIO	2	0	0	0	0	0	0	0	0
INDUSTRIAL - TOTAL	4.268	7.306	9.262	15.999	30.945	36.607	34.906	36.129	40.125
CIMENTO	1	39	160	208	183	534	579	601	646
FERRO GUSA E AÇO	349	995	1.749	2.316	2.446	2.845	2.971	2.841	2.754
FERRO LIGAS	17	63	152	307	491	932	978	962	892
MINERAÇÃO E PELOTIZAÇÃO	0	13	21	14	71	132	136	123	140
NÃO FERROSOS E OUT. METALURG.	6	32	141	57	200	212	208	194	215
QUÍMICA	23	50	108	65	167	213	218	213	209
ALIMENTOS E BEBIDAS	3.361	4.986	4.819	8.689	18.670	20.013	17.396	17.977	22.273
TÊXTIL	44	15	36	49	94	82	93	85	82
PAPEL E CELULOSE	180	796	1.585	3.210	6.567	9.270	9.768	10.628	10.383
CERÂMICA	195	227	334	771	1.346	1.417	1.527	1.466	1.469
OUTRAS INDÚSTRIAS	93	90	157	316	710	955	1.031	1.039	1.061
CONSUMO NÃO IDENTIFICADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AJUSTES ESTATÍSTICOS	0	-4	0	9	68	-66	36	47	7

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A4. HISTÓRICO DO FLUXO DE ENERGIA DO BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL: ENERGIA RENOVÁVEL - ENERGIA RENOVÁVEL NÃO RELACIONADA AS ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS (MIL TEP)

Fluxo de energia	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
OFERTA INTERNA BRUTA	32.572	37.943	42.029	43.610	51.924	53.314	52.450	59.681	62.661
TOTAL TRANSFORMAÇÃO	-1.157	-3.042	-3.863	-1.657	-1.255	-436	-485	-522	-481
REFINARIAS DE PETRÓLEO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PLANTAS DE GÁS NATURAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USINAS DE GASEIFICAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COQUERIAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CICLO DO COMBUSTÍVEL NUCLEAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CENTRAIS. ELET. SERV. PÚBLICO	-155	-409	-641	-1.341	-3.115	-5.356	-4.663	-5.416	-5.392
CENTRAIS ELET. AUTOPRODUTORAS	148	391	585	1.296	3.035	5.139	4.424	5.138	5.108
CARVOARIAS	-1.151	-3.024	-3.807	-1.612	-1.175	-220	-246	-245	-198
DESTILARIAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OUTRAS TRANSFORMAÇÕES	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PERDAS DISTRIB. ARMAZENAGEM	-571	-1.559	-2.735	-4.693	-5.845	-6.743	-6.327	-7.147	-7.462
CONSUMO FINAL	30.843	33.342	35.431	37.272	44.824	46.134	45.639	52.012	54.719
CONSUMO FINAL NÃO ENERGÉTICO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CONSUMO FINAL ENERGÉTICO	30.843	33.342	35.431	37.272	44.824	46.134	45.639	52.012	54.719
SETOR ENERGÉTICO	156	332	547	787	1.818	2.442	2.327	2.459	2.572
RESIDENCIAL	19.988	17.380	12.253	13.058	14.975	17.413	17.195	19.022	20.246
COMERCIAL	568	1.272	2.032	3.637	4.832	5.573	5.553	6.868	7.466
PÚBLICO	280	834	1.454	2.194	2.505	2.729	2.539	3.061	3.182
AGROPECUÁRIO	4.128	2.867	2.334	1.876	2.402	2.960	2.889	3.068	3.233
TRANSPORTES - TOTAL	84	68	98	94	113	128	119	136	132
RODOVIÁRIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FERROVIÁRIO	76	68	98	94	113	128	119	136	132
AÉREO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HIDROVIÁRIO	9	0	0	0	0	0	0	0	0
INDUSTRIAL - TOTAL	5.640	10.589	16.713	15.625	18.179	14.890	15.017	17.398	17.888
CIMENTO	78	327	448	447	455	455	458	516	511
FERRO GUSA E AÇO	843	2.679	3.654	2.477	2.294	1.243	1.323	1.431	1.332
FERRO LIGAS	76	350	715	675	786	724	677	782	727
MINERAÇÃO E PELOTIZAÇÃO	34	244	497	558	765	753	756	808	891
NÃO FERROSOS E OUT. METALURG.	257	927	2.228	2.179	2.522	1.637	1.643	1.866	2.091
QUÍMICA	301	729	1.265	1.337	1.647	1.336	1.385	1.631	1.617
ALIMENTOS E BEBIDAS	1.645	1.498	2.451	2.243	2.830	2.517	2.375	2.690	2.917
TÊXTIL	358	417	631	570	603	374	410	444	432
PAPEL E CELULOSE	307	684	1.237	1.493	1.958	2.049	2.002	2.370	2.318
CERÂMICA	1.022	1.282	1.445	1.108	1.259	727	755	767	734
OUTRAS INDÚSTRIAS	719	1.452	2.144	2.537	3.059	3.075	3.233	4.095	4.318
CONSUMO NÃO IDENTIFICADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AJUSTES ESTATÍSTICOS	0	0	0	12	0	0	0	0	0

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A5. HISTÓRICO DO FLUXO DE ENERGIA DO BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL: ENERGIA NÃO RENOVÁVEL (MIL TEP)

Fluxo de energia	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
OFERTA INTERNA BRUTA	27.862	62.500	72.755	113.169	149.097	148.948	166.976	159.717	159.923
TOTAL TRANSFORMAÇÃO	-2.013	-2.620	-3.127	-8.383	-11.373	-15.841	-20.315	-12.862	-12.158
REFINARIAS DE PETRÓLEO	-594	-598	-8	-671	-157	-1.145	-219	-113	-233
PLANTAS DE GÁS NATURAL	-6	-5	-59	-453	-30	-252	-234	-375	-248
USINAS DE GASEIFICAÇÃO	-42	-15	-32	-14	0	0	0	0	0
COQUERIAS	-99	-194	-638	-474	-404	-176	-208	-194	-182
CICLO DO COMBUSTÍVEL NUCLEAR	0	0	0	-32	-77	-65	-68	-67	-70
CENTRAIS. ELET. SERV. PÚBLICO	-824	-802	-1.287	-4.270	-7.152	-7.946	-13.727	-5.519	-4.959
CENTRAIS ELET. AUTOPRODUTORAS	-449	-729	-1.080	-2.407	-3.552	-6.207	-5.549	-6.213	-6.122
CARVOARIAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DESTILARIAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OUTRAS TRANSFORMAÇÕES	0	-278	-22	-60	-1	-51	-308	-381	-342
PERDAS DISTRIB. ARMAZENAGEM	-291	-780	-493	-951	-1.771	-1.999	-2.371	-1.337	-1.249
CONSUMO FINAL	25.565	59.132	68.999	104.648	135.226	130.510	144.497	145.639	146.147
CONSUMO FINAL NÃO ENERGÉTICO	1.259	5.389	9.462	13.656	17.099	11.829	13.232	15.498	15.447
CONSUMO FINAL ENERGÉTICO	24.306	53.743	59.538	90.992	118.127	118.681	131.265	130.141	130.700
SETOR ENERGÉTICO	1.305	3.524	4.780	6.518	9.846	9.538	9.408	8.666	8.612
RESIDENCIAL	1.934	3.277	5.495	7.277	7.958	9.341	9.921	8.522	8.423
COMERCIAL	235	461	833	1.175	1.469	1.696	2.328	1.671	1.797
PÚBLICO	132	312	253	995	938	912	1.125	766	726
AGROPECUÁRIO	407	2.346	3.305	4.691	5.823	6.735	6.965	6.839	7.220
TRANSPORTES - TOTAL	13.002	24.224	27.010	41.468	55.964	59.776	65.824	70.017	72.190
RODOVIÁRIO	11.263	20.189	23.421	36.946	50.378	55.741	61.169	64.779	66.766
FERROVIÁRIO	449	619	533	415	965	969	973	975	1.011
AÉREO	712	1.735	1.967	3.182	3.241	1.924	2.552	3.161	3.323
HIDROVIÁRIO	578	1.681	1.089	926	1.380	1.140	1.130	1.101	1.091
INDUSTRIAL - TOTAL	7.292	19.599	17.552	28.868	36.128	30.685	35.696	33.659	31.732
CIMENTO	1.214	2.391	1.659	2.683	3.616	3.079	3.314	3.367	3.337
FERRO GUSA E AÇO	2.091	5.019	6.822	9.955	11.705	11.161	12.922	12.160	11.580
FERRO LIGAS	6	89	79	192	418	373	427	335	309
MINERAÇÃO E PELOTIZAÇÃO	229	997	771	1.649	2.345	1.256	1.405	1.334	1.398
NÃO FERROSOS E OUT. METALURG.	192	760	977	2.094	3.770	2.985	3.536	3.049	3.083
QUÍMICA	842	2.962	2.861	5.018	5.400	4.285	4.891	4.538	4.059
ALIMENTOS E BEBIDAS	705	1.649	1.076	1.583	1.743	1.859	2.068	1.853	1.769
TÊXTIL	382	715	545	506	514	293	351	266	233
PAPEL E CELULOSE	448	1.184	790	1.504	1.606	1.831	2.179	2.086	1.739
CERÂMICA	325	1.002	552	1.190	1.880	1.573	1.828	1.710	1.518
OUTRAS INDÚSTRIAS	859	2.830	1.420	2.495	3.130	1.990	2.775	2.963	2.707
CONSUMO NÃO IDENTIFICADO	0	0	311	0	0	0	0	0	0
AJUSTES ESTATÍSTICOS	7	32	-135	813	-727	-599	207	121	-369

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A6. HISTÓRICO DA OFERTA INTERNA DE ENERGIA (MIL TEP)

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	3.601	9.301	18.451	19.895	48.852	55.597	50.640	47.738	55.398
	Lenha - Silvicultura	2.701	4.210	6.423	9.014	11.635	15.736	16.397	16.139	16.141
	Lixívia	163	856	1.313	2.891	6.052	9.576	10.128	11.275	10.645
	Biodiesel	0	0	0	0	0	-14	-14	-14	-14
	Etanol anidro	-8	179	229	154	-523	-207	-476	-468	-1.002
	Etanol hidratado	1	-351	307	712	-1.228	-458	-60	-539	-1.546
	Carvão Vegetal - Silvicultura	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Eleticidade²	0	0	34	81	180	193	164	87	102
	Outras renováveis	0	25	479	570	3.057	6.827	7.436	9.541	11.607
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	24	85	159	86	178
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	2	79	98	113	119
	Biomassa	0	25	479	570	1.088	1.350	1.595	4.075	5.120
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	1.943	5.314	5.584	5.267	6.191
	Subtotal	6.457	14.220	27.238	33.318	68.026	87.251	84.216	83.759	91.331
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	12	232	278	325	341
	Lenha - Extração natural	29.151	26.874	22.113	14.044	14.362	10.721	11.010	11.126	10.964
	Carvão Vegetal - Extração natural	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias	Eleticidade²	-1	-17	2.122	3.331	2.347	1.575	1.373	887	1.054
	Energia Eólica	0	0	0	0	187	4.906	6.217	7.020	8.239
	Energia Solar³	0	0	16	56	332	1.791	2.371	3.591	5.428
	Energia Hídrica	3.423	11.086	17.777	26.179	34.683	34.089	31.202	36.732	36.636
	Subtotal	32.572	37.943	42.029	43.610	51.924	53.314	52.450	59.681	62.661
	Total	39.029	52.162	69.267	76.928	119.950	140.565	136.666	143.440	153.992
	Total	66.891	114.662	142.022	190.096	269.047	289.514	303.643	303.158	313.915
Não renováveis	Petróleo	25.663	55.627	60.459	82.150	92.609	91.200	92.602	99.072	105.274
	Gás Natural	170	1.092	4.337	10.256	27.536	33.824	40.049	31.739	30.181
	Carvão	2.390	5.591	9.644	11.937	13.276	12.928	16.006	13.093	12.721
	Óleo Diesel	-89	-662	335	4.119	6.336	9.406	11.734	11.144	10.378
	Óleo Combustível	-817	779	-1.827	-5.470	-7.823	-13.912	-12.084	-14.957	-15.364
	Eleticidade²	0	-1	126	401	453	358	450	137	143
	Urânio	0	0	598	1.806	3.857	3.727	3.900	3.861	3.850
	Outros energéticos - não renováveis⁴	546	74	-917	7.970	12.854	11.418	14.318	15.629	12.741
Total		27.862	62.500	72.755	113.169	149.097	148.948	166.976	159.717	159.923
Total		66.891	114.662	142.022	190.096	269.047	289.514	303.643	303.158	313.915

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

Nota: ¹ - Inclui fontes primárias e secundárias; ² - A fonte secundária nomeada como eletricidade contempla toda energia elétrica utilizada pelo respectivo setor consumidor e que foi produzida a partir da referente origem, conforme a divisão metodológica proposta pelo estudo; ³ - A energia solar abrange fonte solar fotovoltaica e solar térmica e; ⁴ - Estão inclusos: gasolina automotiva, gasolina de aviação, GLP, nafta, querosene iluminante, querosene de aviação, gás de coqueria, gás canalizado, gás de refinaria, coque mineral, coque petróleo, alcatrão, asfalto, lubrificantes, solventes, líquidos de gás natural, gás de alto forno coque carvão, gás de aciaria, gás de enxofre e outros energéticos não renováveis.

TABELA A7. HISTÓRICO DO CONSUMO FINAL POR FONTE (MIL TEP)

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	3.149	6.812	11.266	13.381	30.066	32.116	28.814	28.018	33.537
	Lenha - Silvicultura	1.533	1.138	1.329	3.143	5.448	7.599	7.920	7.939	8.274
	Lixívia	142	736	1.087	2.291	4.711	6.867	7.294	8.039	7.816
	Biodiesel	0	0	0	0	1.799	4.974	5.239	4.903	5.877
	Etanol anidro	114	1.292	682	3.168	3.939	5.331	5.979	6.571	6.915
	Etanol hidratado	196	382	5.663	3.289	8.689	10.750	9.596	9.244	9.745
	Carvão Vegetal - Silvicultura	531	1.426	2.436	3.010	3.237	4.100	4.288	4.138	3.965
	Eletricidade²	35	124	282	608	2.413	4.277	4.072	3.951	4.177
	Outras renováveis	0	2	382	490	1.047	1.126	1.196	1.261	1.291
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	2	382	490	1.047	1.126	1.196	1.261	1.291
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	5.699	11.912	23.128	29.379	61.348	77.140	74.397	74.063	81.597
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	26.812	20.724	14.307	10.484	11.604	10.124	10.368	10.483	10.430
	Carvão Vegetal - Extração natural	1.059	2.846	3.701	1.804	1.411	248	276	275	222
	Eletricidade²	2.972	9.772	17.407	24.928	31.477	34.896	34.064	40.254	42.993
	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar³	0	0	16	56	332	867	930	1.000	1.074
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	30.843	33.342	35.431	37.272	44.824	46.134	45.639	52.012	54.719
Total		36.542	45.254	58.559	66.651	106.173	123.275	120.036	126.075	136.316
Não renováveis	Gás Natural	70	882	3.033	7.115	16.887	14.619	16.672	17.077	15.615
	Carvão	88	512	992	2.269	3.238	3.217	3.630	3.586	3.300
	Óleo Diesel	5.393	15.701	20.944	29.505	39.572	42.950	46.300	48.188	49.341
	Óleo Combustível	6.600	16.210	9.709	9.500	4.939	2.385	2.470	2.431	2.255
	Eletricidade²	405	656	1.029	2.998	6.074	7.929	11.153	6.198	5.833
	Outros energéticos - não renováveis⁴	13.010	25.171	33.293	53.261	64.516	59.411	64.272	68.159	69.804
Total		25.565	59.132	68.999	104.648	135.226	130.510	144.497	145.639	146.147
Total		62.107	104.386	127.558	171.299	241.399	253.785	264.533	271.714	282.463

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A8. HISTÓRICO DO CONSUMO FINAL NÃO ENERGÉTICO POR FONTE (MIL TEP)

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Silvicultura	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lixívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biodiesel	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol anidro	16	89	32	122	149	109	77	57	51
	Etanol hidratado	196	163	459	515	438	625	624	592	495
	Carvão Vegetal - Silvicultura	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade²	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Outras renováveis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	212	252	491	637	587	734	701	649	546
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Extração natural	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade²	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar³	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	212	252	491	637	587	734	701	649	546
Não renováveis	Gás Natural	3	398	834	731	1.453	216	753	975	641
	Carvão	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleo Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleo Combustível	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade²	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Outros energéticos - não renováveis⁴	1.256	4.991	8.628	12.925	15.646	11.612	12.479	14.523	14.806
Total		1.259	5.389	9.462	13.656	17.099	11.829	13.232	15.498	15.447
Total		1.471	5.641	9.953	14.293	17.686	12.563	13.933	16.147	15.993

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A9. HISTÓRICO DO CONSUMO FINAL ENERGÉTICO POR FONTE (MIL TEP)

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	3.149	6.812	11.266	13.381	30.066	32.116	28.814	28.018	33.537
	Lenha - Silvicultura	1.533	1.138	1.329	3.143	5.448	7.599	7.920	7.939	8.274
	Lixívia	142	736	1.087	2.291	4.711	6.867	7.294	8.039	7.816
	Biodiesel	0	0	0	0	1.799	4.974	5.239	4.903	5.877
	Etanol anidro	98	1.203	650	3.046	3.790	5.222	5.902	6.514	6.865
	Etanol hidratado	0	219	5.205	2.774	8.251	10.124	8.971	8.651	9.250
	Carvão Vegetal - Silvicultura	531	1.426	2.436	3.010	3.237	4.100	4.288	4.138	3.965
	Eletricidade²	35	124	282	608	2.413	4.277	4.072	3.951	4.177
	Outras renováveis	0	2	382	490	1.047	1.126	1.196	1.261	1.291
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	2	382	490	1.047	1.126	1.196	1.261	1.291
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	5.487	11.660	22.637	28.743	60.761	76.406	73.696	73.414	81.052
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	26.812	20.724	14.307	10.484	11.604	10.124	10.368	10.483	10.430
	Carvão Vegetal - Extração natural	1.059	2.846	3.701	1.804	1.411	248	276	275	222
	Eletricidade²	2.972	9.772	17.407	24.928	31.477	34.896	34.064	40.254	42.993
	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar³	0	0	16	56	332	867	930	1.000	1.074
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	30.843	33.342	35.431	37.272	44.824	46.134	45.639	52.012	54.719
Total		36.331	45.002	58.068	66.014	105.585	122.540	119.334	125.425	135.770
Não renováveis	Gás Natural	68	485	2.199	6.384	15.435	14.403	15.919	16.103	14.974
	Carvão	88	512	992	2.269	3.238	3.217	3.630	3.586	3.300
	Óleo Diesel	5.393	15.701	20.944	29.505	39.572	42.950	46.300	48.188	49.341
	Óleo Combustível	6.600	16.210	9.709	9.500	4.939	2.385	2.470	2.431	2.255
	Eletricidade²	405	656	1.029	2.998	6.074	7.929	11.153	6.198	5.833
	Outros energéticos - não renováveis⁴	11.753	20.179	24.665	40.336	48.870	47.798	51.793	53.635	54.998
Total		24.306	53.743	59.538	90.992	118.127	118.681	131.265	130.141	130.700
Total		60.637	98.745	117.606	157.006	223.713	241.222	250.600	255.567	266.471

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A10. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR ENERGÉTICO POR FONTE (MIL TEP)

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	89	2.013	6.707	5.523	12.777	14.038	13.410	12.084	13.452
	Lenha - Silvicultura	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lixívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biodiesel	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol anidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol hidratado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Silvicultura	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade²	2	4	9	19	139	299	278	241	250
	Outras renováveis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	91	2.017	6.715	5.542	12.916	14.337	13.689	12.325	13.702
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Extração natural	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias	Eletricidade²	156	332	547	787	1.818	2.442	2.327	2.459	2.572
	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar³	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	156	332	547	787	1.818	2.442	2.327	2.459	2.572
	Total	247	2.349	7.262	6.329	14.734	16.779	16.015	14.784	16.274
Não renováveis	Gás Natural	65	165	814	2.066	4.192	4.986	4.718	4.345	4.095
	Carvão	0	0	0	0	5	0	0	0	0
	Óleo Diesel	56	247	429	253	908	502	510	582	719
	Óleo Combustível	885	1.785	1.655	1.080	631	111	135	116	76
	Eletricidade²	21	22	32	95	351	555	762	379	349
	Outros energéticos - não renováveis⁴	277	1.305	1.849	3.025	3.760	3.385	3.283	3.245	3.373
	Total	1.305	3.524	4.780	6.518	9.846	9.538	9.408	8.666	8.612
Total		1.551	5.874	12.042	12.847	24.580	26.317	25.423	23.450	24.886

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A11. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR RESIDENCIAL POR FONTE (MIL TEP)

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Silvicultura	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lixívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biodiesel	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol anidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol hidratado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bioenergia do agronegócio	146	277	254	256	354	382	388	370	322
	Eletricidade²	7	23	63	153	557	1.162	1.074	1.049	1.150
	Outras renováveis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	153	301	317	409	911	1.545	1.461	1.419	1.472
	Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias	19.070	14.974	7.960	6.570	7.276	7.208	7.441	7.510	7.535
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	19.070	14.974	7.960	6.570	7.276	7.208	7.441	7.510	7.535
	Carvão Vegetal - Extração natural	291	553	386	153	155	23	25	25	18
	Eletricidade²	627	1.853	3.892	6.282	7.262	9.483	8.983	10.687	11.838
	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar³	0	0	16	53	282	698	747	800	856
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	19.988	17.380	12.253	13.058	14.975	17.413	17.195	19.022	20.246
Total		20.142	17.680	12.570	13.468	15.886	18.958	18.656	20.441	21.719
Não renováveis	Gás Natural	0	0	4	100	255	444	456	466	461
	Carvão	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleo Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleo Combustível	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade²	85	124	230	756	1.401	2.155	2.941	1.645	1.606
	Outros energéticos - não renováveis⁴	1.849	3.153	5.260	6.421	6.302	6.742	6.524	6.411	6.356
Total		1.934	3.277	5.495	7.277	7.958	9.341	9.921	8.522	8.423
Total		22.076	20.958	18.065	20.744	23.845	28.298	28.577	28.963	30.142

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A12. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR COMERCIAL POR FONTE (MIL TEP)

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Silvicultura	32	26	20	34	50	57	60	60	62
	Lixívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biodiesel	0	0	0	0	2	3	4	4	5
	Etanol anidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol hidratado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Silvicultura	11	22	21	40	60	70	73	72	75
	Eletricidade²	5	14	31	87	362	662	642	655	705
	Outras renováveis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	47	61	72	160	473	792	778	791	846
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	160	129	95	42	39	22	22	22	22
	Carvão Vegetal - Extração natural	22	43	32	24	26	4	5	5	4
Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias	Eletricidade²	386	1.099	1.905	3.570	4.722	5.402	5.369	6.670	7.254
	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar³	0	0	0	2	44	145	157	171	186
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	568	1.272	2.032	3.637	4.832	5.573	5.553	6.868	7.466
	Total	614	1.333	2.104	3.798	5.305	6.365	6.332	7.659	8.312
	Total	614	1.333	2.104	3.798	5.305	6.365	6.332	7.659	8.312
Não renováveis	Gás Natural	0	0	1	69	202	90	116	143	130
	Carvão	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleo Diesel	64	24	39	67	34	28	34	43	41
	Óleo Combustível	80	227	288	354	25	10	16	12	15
	Eletricidade²	53	74	113	429	911	1.227	1.758	1.027	984
	Outros energéticos - não renováveis⁴	38	136	393	256	298	339	404	446	627
	Total	235	461	833	1.175	1.469	1.696	2.328	1.671	1.797
Total		850	1.794	2.937	4.973	6.775	8.061	8.659	9.330	10.109

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A13. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR PÚBLICO POR FONTE (MIL TEP)

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Silvicultura	3	1	0	0	0	0	0	0	0
	Lixívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biodiesel	0	0	0	0	1	1	1	0	1
	Etanol anidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol hidratado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Silvicultura	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade²	3	10	23	53	192	334	303	300	309
	Outras renováveis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	6	13	25	53	193	335	304	301	310
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	13	5	2	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Extração natural	0	3	2	0	0	0	0	0	0
Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias	Eletricidade²	267	827	1.450	2.194	2.505	2.729	2.539	3.061	3.182
	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar³	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	280	834	1.454	2.194	2.505	2.729	2.539	3.061	3.182
	Total	286	847	1.479	2.247	2.697	3.064	2.843	3.362	3.491
Não renováveis	Gás Natural	0	0	2	7	60	21	21	22	22
	Carvão	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleo Diesel	42	144	82	118	11	4	5	4	4
	Óleo Combustível	31	91	54	234	3	7	8	7	6
	Eletricidade²	36	56	86	264	483	620	831	471	432
	Outros energéticos - não renováveis⁴	22	21	29	372	381	260	260	262	262
Total		132	312	253	995	938	912	1.125	766	726
Total		417	1.159	1.732	3.243	3.636	3.976	3.968	4.128	4.217

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A14. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR AGROPECUÁRIO POR FONTE (MIL TEP)

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Silvicultura	810	534	376	730	1.406	2.311	2.306	2.269	2.503
	Lixívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biodiesel	0	0	0	0	267	735	722	671	836
	Etanol anidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol hidratado	0	0	0	0	8	9	9	10	10
	Carvão Vegetal - Silvicultura	6	3	5	3	5	9	9	8	9
	Eletricidade²	0	2	9	24	98	254	243	218	229
	Outras renováveis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	817	540	389	756	1.785	3.318	3.288	3.175	3.587
	Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias									
Não renováveis	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	4.091	2.698	1.793	908	1.117	887	852	849	876
	Carvão Vegetal - Extração natural	13	7	7	2	2	1	1	1	1
	Eletricidade²	24	162	533	966	1.283	2.072	2.037	2.218	2.357
	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar³	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	4.128	2.867	2.334	1.876	2.402	2.960	2.889	3.068	3.233
Total		4.944	3.406	2.723	2.632	4.187	6.278	6.178	6.243	6.820
Não renováveis	Gás Natural	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	Carvão	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleo Diesel	393	2.218	3.246	4.452	5.486	6.230	6.264	6.463	6.868
	Óleo Combustível	11	116	26	106	79	10	9	8	8
	Eletricidade²	3	11	32	116	248	471	667	341	320
	Outros energéticos - não renováveis⁴	0	2	1	16	8	23	26	27	25
Total		407	2.346	3.305	4.691	5.823	6.735	6.965	6.839	7.220
Total		5.351	5.752	6.027	7.323	10.010	13.012	13.143	13.082	14.041

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A15. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR DE TRANSPORTES POR FONTE (MIL TEP)

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Silvicultura	7	1	0	0	0	0	0	0	0
	Lixívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biodiesel	0	0	0	0	1.496	4.118	4.391	4.104	4.892
	Etanol anidro	98	1.203	650	3.046	3.790	5.222	5.902	6.514	6.865
	Etanol hidratado	0	219	5.205	2.774	8.243	10.116	8.963	8.642	9.241
	Carvão Vegetal - Silvicultura	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade²	1	1	2	2	9	16	14	13	13
	Outras renováveis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	106	1.423	5.857	5.822	13.538	19.471	19.269	19.273	21.010
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	36	3	2	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Extração natural	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias	Eletricidade²	49	66	95	94	113	128	119	136	132
	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar³	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	84	68	98	94	113	128	119	136	132
	Total	190	1.491	5.955	5.916	13.650	19.599	19.388	19.409	21.141
Não renováveis	Gás Natural	0	0	2	275	1.767	1.659	1.908	1.991	1.722
	Carvão	16	22	5	0	0	0	0	0	0
	Óleo Diesel	4.511	12.687	16.828	24.090	32.444	35.200	38.430	39.909	40.526
	Óleo Combustível	387	989	766	648	966	827	795	743	727
	Eletricidade²	7	4	6	11	22	29	39	21	18
	Outros energéticos - não renováveis⁴	8.081	10.523	9.403	16.443	20.766	22.061	24.653	27.354	29.197
	Total	13.002	24.224	27.010	41.468	55.964	59.776	65.824	70.017	72.190
Total		13.192	25.715	32.964	47.385	69.614	79.375	85.212	89.426	93.331

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

**TABELA A16. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR DE TRANSPORTES POR FONTE: RODOVIÁRIO
(MIL TEP)**

Origem	Fonte energética ¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Silvicultura	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lixívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biodiesel	0	0	0	0	1.450	4.007	4.283	4.005	4.771
	Etanol anidro	98	1.203	650	3.046	3.790	5.222	5.902	6.514	6.865
	Etanol hidratado	0	219	5.205	2.774	8.243	10.116	8.963	8.642	9.241
	Carvão Vegetal - Silvicultura	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Outras renováveis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	98	1.422	5.855	5.820	13.483	19.344	19.148	19.161	20.876
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Extração natural	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	98	1.422	5.855	5.820	13.483	19.344	19.148	19.161	20.876
Não renováveis	Gás Natural	0	0	2	275	1.767	1.659	1.908	1.991	1.722
	Carvão	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleo Diesel	3.894	11.401	15.983	23.410	31.086	33.946	37.160	38.595	39.170
	Óleo Combustível	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Outros energéticos - não renováveis ⁴	7.369	8.788	7.436	13.261	17.525	20.136	22.100	24.192	25.873
	Total	11.263	20.189	23.421	36.946	50.378	55.741	61.169	64.779	66.766
Total		11.361	21.611	29.276	42.766	63.861	75.086	80.316	83.940	87.642

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

**TABELA A17. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR DE TRANSPORTES POR FONTE: FERROVIÁRIO
(MIL TEP)**

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Silvicultura	5	1	0	0	0	0	0	0	0
	Lixívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biodiesel	0	0	0	0	46	111	108	99	121
	Etanol anidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol hidratado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Silvicultura	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade²	1	1	2	2	9	16	14	13	13
	Outras renováveis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	6	1	2	2	55	127	122	112	134
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	27	3	2	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Extração natural	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade²	49	66	95	94	113	128	119	136	132
	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar³	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	76	68	98	94	113	128	119	136	132
Total		82	69	100	96	167	255	241	248	265
Não renováveis	Gás Natural	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão	16	22	5	0	0	0	0	0	0
	Óleo Diesel	349	583	522	403	943	940	934	954	993
	Óleo Combustível	77	10	0	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade²	7	4	6	11	22	29	39	21	18
	Outros energéticos - não renováveis⁴	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		449	619	533	415	965	969	973	975	1.011
Total		531	689	633	511	1.132	1.225	1.213	1.224	1.276

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A18. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR DE TRANSPORTES POR FONTE: AÉREO (MIL TEP)

Origem	Fonte energética ¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Silvicultura	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lixívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biodiesel	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol anidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol hidratado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Silvicultura	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Outras renováveis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Extração natural	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias	Eletricidade ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Não renováveis	Gás Natural	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleo Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleo Combustível	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Outros energéticos - não renováveis ⁴	712	1.735	1.967	3.182	3.241	1.924	2.552	3.161	3.323
	Total	712	1.735	1.967	3.182	3.241	1.924	2.552	3.161	3.323
Total		712	1.735	1.967	3.182	3.241	1.924	2.552	3.161	3.323

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

**TABELA A19. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR DE TRANSPORTES POR FONTE: HIDROVIÁRIO
(MIL TEP)**

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Silvicultura	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lixívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biodiesel	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol anidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol hidratado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Silvicultura	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade²	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Outras renováveis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	9	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Extração natural	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade²	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar³	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	9	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		10	0	0	0	0	0	0	0	0
Não renováveis	Gás Natural	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleo Diesel	268	703	323	277	415	314	336	359	364
	Óleo Combustível	309	978	766	648	966	827	795	743	727
	Eletricidade²	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Outros energéticos - não renováveis⁴	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	578	1.681	1.089	926	1.380	1.140	1.130	1.101	1.091
Total		588	1.681	1.089	926	1.380	1.140	1.130	1.101	1.091

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A20. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR INDUSTRIAL (MIL TEP)

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	3.060	4.799	4.560	7.858	17.289	18.078	15.404	15.934	20.085
	Lenha - Silvicultura	681	577	933	2.380	3.992	5.231	5.554	5.611	5.709
	Lixívia	142	736	1.087	2.291	4.711	6.867	7.294	8.039	7.816
	Biodiesel	0	0	0	0	34	116	122	123	144
	Etanol anidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol hidratado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bioenergia do agronegócio									
	Carvão Vegetal - Silvicultura	368	1.122	2.155	2.712	2.817	3.639	3.819	3.687	3.558
	Eletricidade²	17	69	145	269	1.056	1.549	1.517	1.474	1.521
	Outras renováveis	0	2	382	490	1.047	1.126	1.196	1.261	1.291
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	2	382	490	1.047	1.126	1.196	1.261	1.291
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	4.268	7.306	9.262	15.999	30.945	36.607	34.906	36.129	40.125
	Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias									
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	3.443	2.916	4.454	2.964	3.171	2.007	2.053	2.101	1.998
	Carvão Vegetal - Extração natural	733	2.240	3.275	1.625	1.228	220	246	245	199
	Eletricidade²	1.463	5.433	8.984	11.036	13.774	12.639	12.692	15.023	15.659
	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar³	0	0	0	0	6	24	26	29	32
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	5.640	10.589	16.713	15.625	18.179	14.890	15.017	17.398	17.888
Total		9.907	17.895	25.976	31.624	49.124	51.497	49.923	53.528	58.013
Não renováveis	Gás Natural	3	319	1.376	3.867	8.957	7.202	8.701	9.135	8.545
	Carvão	72	491	986	2.269	3.233	3.217	3.630	3.586	3.300
	Óleo Diesel	327	381	319	524	689	985	1.057	1.188	1.182
	Óleo Combustível	5.205	13.003	6.771	7.077	3.236	1.420	1.508	1.544	1.423
	Eletricidade²	199	365	531	1.327	2.658	2.872	4.155	2.313	2.125
	Outros energéticos - não renováveis⁴	1.486	5.040	7.567	13.803	17.356	14.989	16.645	15.892	15.158
Total		7.292	19.599	17.552	28.868	36.128	30.685	35.696	33.659	31.732
Total		17.199	37.494	43.527	60.492	85.253	82.182	85.618	87.187	89.745

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A21. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR INDUSTRIAL: CIMENTO (MIL TEP)

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Silvicultura	0	0	0	10	0	47	50	48	48
	Lixívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biodiesel	0	0	0	0	2	7	3	4	4
	Etanol anidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol hidratado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bioenergia do agronegócio	0	35	139	146	44	95	100	97	95
	Eletricidade²	1	3	4	8	33	53	52	48	47
	Outras renováveis	0	0	17	44	104	332	374	404	450
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	0	17	44	104	332	374	404	450
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	1	39	160	208	183	534	579	601	646
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	0	0	2	12	0	18	18	18	17
	Carvão Vegetal - Extração natural	0	71	211	87	19	6	6	6	5
Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias	Eletricidade²	78	257	235	348	436	431	433	491	489
	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar³	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	78	327	448	447	455	455	458	516	511
	Total	79	366	608	655	639	989	1.037	1.117	1.156
Não renováveis	Gás Natural	0	46	39	49	23	4	6	9	4
	Carvão	0	252	583	143	52	14	51	141	78
	Óleo Diesel	23	28	11	24	43	58	28	39	37
	Óleo Combustível	1.180	2.045	982	510	8	8	7	11	7
	Eletricidade²	11	17	14	42	84	98	142	76	66
	Outros energéticos - não renováveis⁴	0	2	30	1.914	3.406	2.898	3.080	3.091	3.144
Total		1.214	2.391	1.659	2.683	3.616	3.079	3.314	3.367	3.337
Total		1.292	2.757	2.267	3.338	4.255	4.068	4.352	4.483	4.493

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A22. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR INDUSTRIAL: FERRO GUSA E AÇO (MIL TEP)

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Silvicultura	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lixívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biodiesel	0	0	0	0	1	3	4	3	4
	Etanol anidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol hidratado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bioenergia do agronegócio	347	986	1.733	2.289	2.348	2.710	2.831	2.715	2.635
	Eletricidade²	2	9	17	27	97	132	136	123	115
	Outras renováveis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	349	995	1.749	2.316	2.446	2.845	2.971	2.841	2.754
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Extração natural	693	1.969	2.632	1.371	1.024	164	182	180	148
Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias	Eletricidade²	150	710	1.022	1.106	1.270	1.079	1.140	1.250	1.185
	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar³	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	843	2.679	3.654	2.477	2.294	1.243	1.323	1.431	1.332
	Total	1.192	3.674	5.403	4.793	4.740	4.088	4.294	4.272	4.087
	Total	1.192	3.674	5.403	4.793	4.740	4.088	4.294	4.272	4.087
Não renováveis	Gás Natural	0	113	333	779	897	1.140	1.291	1.373	1.306
	Carvão	1	28	20	1.272	1.772	2.095	2.412	2.263	2.153
	Óleo Diesel	11	40	42	30	15	26	35	34	35
	Óleo Combustível	700	1.027	384	110	168	4	3	11	5
	Eletricidade²	20	48	60	133	245	245	373	193	161
	Outros energéticos - não renováveis⁴	1.359	3.763	5.982	7.631	8.608	7.651	8.808	8.287	7.922
Total	Total	2.091	5.019	6.822	9.955	11.705	11.161	12.922	12.160	11.580
	Total	3.284	8.694	12.225	14.748	16.445	15.249	17.216	16.432	15.667

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A23. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR INDUSTRIAL: FERRO LIGAS (MIL TEP)

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Silvicultura	0	0	0	27	51	53	56	54	35
	Lixívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biodiesel	0	0	0	0	0	1	1	1	2
	Etanol anidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol hidratado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bioenergia do agronegócio	17	60	144	269	396	797	850	837	790
	Eletricidade²	1	3	8	12	44	80	72	69	65
	Outras renováveis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	17	63	152	307	491	932	978	962	892
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	0	0	0	33	41	20	21	20	12
	Carvão Vegetal - Extração natural	33	119	218	161	173	48	55	56	44
Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias	Eletricidade²	43	231	497	481	573	655	602	706	670
	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar³	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	76	350	715	675	786	724	677	782	727
	Total	93	413	866	982	1.277	1.656	1.655	1.743	1.619
Não renováveis	Gás Natural	0	0	4	0	2	2	3	3	0
	Carvão	0	19	0	28	0	0	0	0	0
	Óleo Diesel	0	0	0	0	0	7	8	11	13
	Óleo Combustível	0	0	0	12	29	38	42	43	40
	Eletricidade²	6	16	29	58	111	149	197	109	91
	Outros energéticos - não renováveis⁴	0	54	46	95	276	176	177	171	165
Total		6	89	79	192	418	373	427	335	309
Total		99	502	945	1.174	1.695	2.028	2.082	2.079	1.928

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A24. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR INDUSTRIAL: MINERAÇÃO E PELOTIZAÇÃO (MIL TEP)

Origem	Fonte energética ¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Silvicultura	0	3	0	0	0	0	0	0	0
	Lixívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biodiesel	0	0	0	0	12	40	45	44	53
	Etanol anidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol hidratado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Silvicultura	0	8	14	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade ²	0	3	8	14	59	92	90	79	87
	Outras renováveis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	0	13	21	14	71	132	136	123	140
	Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0
		Lenha - Extração natural	0	13	0	0	0	0	0	0
		Carvão Vegetal - Extração natural	0	15	21	0	0	0	0	0
		Eletricidade ²	34	216	476	558	765	756	808	891
		Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0
		Energia Solar ³	0	0	0	0	0	0	0	0
		Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	34	244	497	558	765	753	756	808	891
	Total	34	257	518	572	836	886	892	932	1.031
Não renováveis	Gás Natural	0	0	87	142	628	224	262	272	300
	Carvão	0	0	0	308	368	137	146	135	166
	Óleo Diesel	34	58	78	158	247	339	394	424	439
	Óleo Combustível	190	909	473	812	371	116	92	133	103
	Eletricidade ²	5	15	28	67	148	171	248	124	121
	Outros energéticos - não renováveis ⁴	0	15	105	161	583	269	263	245	269
	Total	229	997	771	1.649	2.345	1.256	1.405	1.334	1.398
Total		263	1.254	1.290	2.221	3.181	2.141	2.297	2.265	2.429

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A25. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR INDUSTRIAL: NÃO FERROSOS E OUTROS METALÚRGICAS (MIL TEP)

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Silvicultura	0	1	7	0	0	0	0	0	0
	Lixívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biodiesel	0	0	0	0	0	1	1	1	2
	Etanol anidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol hidratado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Silvicultura	3	20	101	4	6	10	10	9	10
	Eletricidade²	3	11	33	53	193	201	196	183	203
	Outras renováveis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	6	32	141	57	200	212	208	194	215
	Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0
		Lenha - Extração natural	0	4	31	0	0	0	0	0
		Carvão Vegetal - Extração natural	7	39	153	2	3	1	1	1
		Eletricidade²	250	884	2.043	2.177	2.519	1.642	1.866	2.091
		Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0
		Energia Solar³	0	0	0	0	0	0	0	0
		Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	257	927	2.228	2.179	2.522	1.637	1.643	1.866	2.091
Total		264	958	2.368	2.235	2.722	1.849	1.851	2.060	2.306
Não renováveis	Gás Natural	0	0	27	148	727	312	566	492	473
	Carvão	0	0	0	122	616	705	716	679	668
	Óleo Diesel	0	0	0	0	0	12	13	14	16
	Óleo Combustível	110	411	392	976	1.098	812	902	843	842
	Eletricidade²	34	59	121	262	486	372	538	287	284
	Outros energéticos - não renováveis⁴	47	290	437	586	843	772	802	733	800
	Total	192	760	977	2.094	3.770	2.985	3.536	3.049	3.083
Total		455	1.719	3.345	4.329	6.492	4.834	5.387	5.109	5.389

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A26. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR INDUSTRIAL: QUÍMICA (MIL TEP)

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	0	17	40	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Silvicultura	20	14	38	33	27	34	36	36	34
	Lixívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biodiesel	0	0	0	0	1	2	2	2	3
	Etanol anidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol hidratado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Silvicultura	0	11	13	0	14	16	17	17	16
	Eletricidade²	2	8	17	32	124	162	164	159	156
	Outras renováveis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	23	50	108	65	167	213	218	213	209
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	103	72	181	41	22	13	13	13	12
	Carvão Vegetal - Extração natural	0	21	19	0	6	1	1	1	1
Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias	Eletricidade²	198	636	1.065	1.296	1.619	1.322	1.370	1.616	1.604
	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar³	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	301	729	1.265	1.337	1.647	1.336	1.385	1.631	1.617
	Total	324	779	1.373	1.402	1.814	1.550	1.603	1.844	1.825
Não renováveis	Gás Natural	3	157	324	1.252	2.289	1.820	1.997	1.978	1.938
	Carvão	0	2	95	78	125	105	131	139	141
	Óleo Diesel	57	39	23	83	26	16	19	21	21
	Óleo Combustível	754	2.330	1.588	1.136	233	71	68	61	52
	Eletricidade²	27	43	63	156	312	300	449	249	218
	Outros energéticos - não renováveis⁴	1	391	768	2.313	2.415	1.973	2.228	2.091	1.690
Total		842	2.962	2.861	5.018	5.400	4.285	4.891	4.538	4.059
Total		1.166	3.741	4.234	6.420	7.214	5.835	6.494	6.382	5.885

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A27. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR INDUSTRIAL: ALIMENTOS E BEBIDAS (MIL TEP)

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	3.060	4.782	4.465	7.834	17.248	18.044	15.368	15.895	20.047
	Lenha - Silvicultura	300	197	340	825	1.264	1.705	1.788	1.850	1.968
	Lixívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biodiesel	0	0	0	0	7	25	24	24	29
	Etanol anidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol hidratado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Silvicultura	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade²	2	6	13	30	140	228	205	196	216
	Outras renováveis	0	0	0	0	11	11	11	12	12
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	0	0	0	11	11	11	12	12
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	3.361	4.986	4.819	8.689	18.670	20.013	17.396	17.977	22.273
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	1.513	998	1.624	1.028	1.004	654	661	692	689
	Carvão Vegetal - Extração natural	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias	Eletricidade²	132	500	827	1.215	1.826	1.863	1.714	1.997	2.228
	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar³	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	1.645	1.498	2.451	2.243	2.830	2.517	2.375	2.690	2.917
	Total	5.005	6.484	7.270	10.932	21.500	22.531	19.771	20.666	25.190
	Total	5.005	6.484	7.270	10.932	21.500	22.531	19.771	20.666	25.190
Não renováveis	Gás Natural	0	0	131	226	662	809	885	883	871
	Carvão	0	63	108	49	71	22	22	34	4
	Óleo Diesel	58	67	19	38	141	210	207	236	242
	Óleo Combustível	614	1.446	729	1.024	325	61	47	57	47
	Eletricidade²	18	34	49	146	352	423	561	308	302
	Outros energéticos - não renováveis⁴	15	39	40	99	191	333	345	335	301
Total	Total	705	1.649	1.076	1.583	1.743	1.859	2.068	1.853	1.769
	Total	5.710	8.133	8.346	12.515	23.243	24.389	21.839	22.519	26.960

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A28. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR INDUSTRIAL: TÊXTIL (MIL TEP)

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Silvicultura	42	10	27	36	51	38	46	43	42
	Lixívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biodiesel	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol anidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol hidratado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Silvicultura	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade²	2	5	8	13	43	44	47	42	41
	Outras renováveis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	44	15	36	49	94	82	93	85	82
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	213	52	128	45	41	15	17	16	15
	Carvão Vegetal - Extração natural	0	1	2	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade²	145	364	501	525	563	359	393	428	418
Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar³	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	358	417	631	570	603	374	410	444	432
	Total	402	432	667	618	698	456	503	529	515
Não renováveis	Gás Natural	0	0	52	172	329	175	180	168	148
	Carvão	0	0	4	0	0	0	0	0	0
	Óleo Diesel	5	6	3	5	3	1	1	0	0
	Óleo Combustível	353	669	445	243	64	5	4	3	1
	Eletricidade²	20	24	30	63	109	82	129	66	57
	Outros energéticos - não renováveis⁴	4	16	11	24	10	31	38	29	27
	Total	382	715	545	506	514	293	351	266	233
Total		784	1.147	1.212	1.125	1.212	749	854	794	747

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A29. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR INDUSTRIAL: PAPEL E CELULOSE (MIL TEP)

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	0	0	50	24	41	33	36	39	38
	Lenha - Silvicultura	36	55	130	467	843	1.427	1.483	1.551	1.547
	Lixívia	142	736	1.087	2.291	4.711	6.867	7.294	8.039	7.816
	Biodiesel	0	0	0	0	4	24	27	30	33
	Etanol anidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol hidratado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Silvicultura	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade²	1	5	10	22	99	184	174	176	173
	Outras renováveis	0	0	309	406	870	734	755	793	777
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	0	309	406	870	734	755	793	777
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	180	796	1.585	3.210	6.567	9.270	9.768	10.628	10.383
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	182	278	622	581	670	548	548	581	541
	Carvão Vegetal - Extração natural	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias	Eletricidade²	125	405	615	912	1.288	1.501	1.454	1.789	1.776
	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar³	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	307	684	1.237	1.493	1.958	2.049	2.002	2.370	2.318
	Total	486	1.480	2.822	4.703	8.525	11.319	11.770	12.998	12.700
Não renováveis	Gás Natural	0	0	55	273	676	900	1.042	1.037	876
	Carvão	71	61	133	83	112	93	97	100	32
	Óleo Diesel	8	17	18	31	73	206	232	292	267
	Óleo Combustível	353	1.071	540	983	466	221	268	312	266
	Eletricidade²	17	27	36	110	249	341	476	275	241
	Outros energéticos - não renováveis⁴	0	8	7	24	31	70	65	69	57
Total	Total	448	1.184	790	1.504	1.606	1.831	2.179	2.086	1.739
	Total	934	2.664	3.612	6.207	10.131	13.150	13.949	15.085	14.439

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A30. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR INDUSTRIAL: CERÂMICA (MIL TEP)

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Silvicultura	194	223	270	726	1.268	1.340	1.443	1.387	1.391
	Lixívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biodiesel	0	0	0	0	0	2	2	2	2
	Etanol anidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol hidratado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Silvicultura	0	0	5	0	0	0	0	0	0
	Eletricidade²	0	2	2	5	19	26	27	24	24
	Outras renováveis	0	2	56	40	58	49	55	53	52
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	2	56	40	58	49	55	53	52
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	195	227	334	771	1.346	1.417	1.527	1.466	1.469
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	981	1.128	1.290	904	1.007	514	534	519	487
	Carvão Vegetal - Extração natural	0	0	8	0	0	0	0	0	0
Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias	Eletricidade²	42	154	147	204	252	213	222	247	247
	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar³	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	1.022	1.282	1.445	1.108	1.259	727	755	767	734
	Total	1.217	1.509	1.779	1.879	2.605	2.144	2.282	2.233	2.203
Não renováveis	Gás Natural	0	3	61	260	1.141	1.117	1.393	1.313	1.143
	Carvão	0	57	35	34	30	45	51	55	38
	Óleo Diesel	3	12	6	5	6	16	19	18	17
	Óleo Combustível	307	883	402	468	295	42	36	33	31
	Eletricidade²	6	10	9	25	49	48	73	38	34
	Outros energéticos - não renováveis⁴	9	36	39	398	360	306	257	253	255
	Total	325	1.002	552	1.190	1.880	1.573	1.828	1.710	1.518
Total		1.542	2.511	2.331	3.068	4.485	3.717	4.110	3.943	3.721

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.

TABELA A31. HISTÓRICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR INDUSTRIAL: OUTRAS INDÚSTRIAS (MIL TEP)

Origem	Fonte energética¹	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2021	2022	2023
Renováveis	Biomassa de cana-de-açúcar	0	0	4	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Silvicultura	89	73	121	257	487	587	653	642	644
	Lixívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biodiesel	0	0	0	0	7	11	12	10	12
	Etanol anidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Etanol hidratado	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Carvão Vegetal - Silvicultura	0	3	6	5	9	11	12	12	12
	Eletricidade²	3	14	25	54	204	346	354	375	394
	Outras renováveis	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	Gás industrial Carvão Vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biogás - Resíduos Agrossilvipastoris	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Biomassa	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	Óleos Vegetais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	93	90	157	316	710	955	1.031	1.039	1.061
	Biogás - Resíduos Sólidos Urbanos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lenha - Extração natural	452	371	576	320	387	225	242	240	225
	Carvão Vegetal - Extração natural	0	6	10	3	4	1	1	1	1
Energia renovável não relacionada as atividades agropecuárias	Eletricidade²	267	1.075	1.558	2.214	2.662	2.826	2.965	3.824	4.059
	Energia Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Energia Solar³	0	0	0	0	6	24	26	29	32
	Energia Hídrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subtotal	719	1.452	2.144	2.537	3.059	3.075	3.233	4.095	4.318
	Total	811	1.542	2.300	2.853	3.769	4.031	4.265	5.134	5.379
Não renováveis	Gás Natural	0	0	262	567	1.584	699	1.078	1.609	1.486
	Carvão	0	8	9	152	87	1	3	40	19
	Óleo Diesel	127	114	120	150	137	94	101	100	95
	Óleo Combustível	644	2.211	835	803	177	44	38	39	28
	Eletricidade²	36	72	92	266	514	642	971	589	551
	Outros energéticos - não renováveis⁴	51	424	102	557	632	510	584	586	528
Total		859	2.830	1.420	2.495	3.130	1.990	2.775	2.963	2.707
Total		1.670	4.372	3.720	5.348	6.899	6.020	7.039	8.097	8.086

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN). Elaboração própria.