








MAIO DE 2026

BOLETIM DE LOGÍSTICA

# EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO SETOR DE TRANSPORTES



 [infrasaoficial](#)  
 [infra.oficial](#)  
 [infra-oficial](#)  
 [infrasa.oficial](#)

 [observatório@infrasa.gov.br](mailto:observatório@infrasa.gov.br)  
 [institucional@infrasa.gov.br](mailto:institucional@infrasa.gov.br)  
 [www.ontl.infrasa.gov.br](http://www.ontl.infrasa.gov.br)  
 [www.infrasa.gov.br](http://www.infrasa.gov.br)

MAIO DE 2026

BOLETIM DE LOGÍSTICA

# EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO SETOR DE TRANSPORTES

# EQUIPE

---

## **PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA**

Luiz Inácio Lula da Silva

## **INFRA S.A.**

### **DIRETOR-PRESIDENTE**

Jorge Luiz Macedo Bastos

### **DIRETORA DE ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS**

Elisabeth Alves da Silva Braga

### **DIRETOR DE EMPREENDIMENTOS**

André Luis Ludolfo da Silva

### **DIRETOR DE PLANEJAMENTO**

Cristiano Della Giustina

### **DIRETOR DE MERCADO E INOVAÇÃO**

Marcelo Vinaud Prado

### **Observatório Nacional de Transporte e Logística – ONTL**

### **Infra S.A.**

**Endereço:** SAUS, Quadra 01, Bloco G, Lotes 3 e 5, Asa Sul, Brasília - DF - 70.070-010

**E-mail:** [ontl@infrasa.gov.br](mailto:ontl@infrasa.gov.br) / [institucional@infrasa.gov.br](mailto:institucional@infrasa.gov.br)

**Site:** [www.infrasa.gov.br](http://www.infrasa.gov.br) / [www.ontl.infrasa.gov.br](http://www.ontl.infrasa.gov.br)

## **MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES**

George André Palermo Santoro

### **SUPERINTENDENTE DE INTELIGÊNCIA DE MERCADO**

Lilian de Alencar Pinto Campos

### **GERENTE DE INOVAÇÃO**

Sirléa de Fátima Ferreira Leal Moura

### **ASSESSORIA TÉCNICA**

Gabriela Camilotti Saint Martin

Nícolas Guimarães Ohofugi

Venina de Souza Oliveira

### **COLABORADORES**

Adriana Vanessa Mendes Moreira - Diagramação

Mariane Gonzalez da Costa - Redação

# SUMÁRIO

---

<b>Capítulo 1 – GASES DE EFEITO ESTUFA E METAS DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DO SETOR DE TRANSPORTES</b>	<b>05</b>
<b>Capítulo 2 – INVENTÁRIO DE EMISSÕES NACIONAL E CORPORATIVO</b>	<b>11</b>
<b>Capítulo 3 – EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO SETOR DE TRANSPORTES</b>	<b>28</b>
▫ ESTRATÉGIAS PARA A REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE DO SETOR DE TRANSPORTES NO BRASIL	29
<b>Capítulo 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>36</b>
<b>Capítulo 5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>37</b>

# GASES DE EFEITO ESTUFA E METAS DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DO SETOR DE TRANSPORTES

A atmosfera é formada por diversos gases, dos quais o vapor de água (H<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido de nitrogênio (N<sub>2</sub>O), gás metano (CH<sub>4</sub>), ozônio (O<sub>3</sub>) e hidrocarbonetos (HFCs) são causadores do efeito estufa, que podem apresentar no seu ciclo de vida uma permanência na atmosfera que pode durar de alguns anos a centenas de anos. Isso ocorre a partir da radiação solar que entra na atmosfera e alcança a superfície terrestre, onde essa energia é absorvida pela terra, vegetação e água e, então, é reemitida como ondas infravermelhas, isto é, na forma de calor. Assim, parte dessa energia térmica é retida por esses gases causadores do efeito estufa, permitindo a manutenção da temperatura média do planeta (1).

No entanto, a ação humana, sobretudo pós-revolução industrial, promoveu um desequilíbrio desses gases na atmosfera por meio da queima de combustíveis fósseis para a produção de energia, aumentando a concentração deles na atmosfera o que resultou na intensificação do processo natural de efeito estufa, causando o aquecimento global, caracterizado pelo aumento da temperatura média global que influencia o clima, causando alterações nos padrões das chuvas e do tempo, no nível do mar, bem como ameaças ao ambiente (1).

Diante desse contexto, a elaboração de inventários para reporte de emissões nacionais e corporativas tornou possível monitorar os esforços empregados na redução e verificar o alcance às metas estabelecidas no âmbito do Acordo de Paris, no qual o Brasil é um dos países membros. Segundo o Acordo, os países membros devem elaborar estratégias de redução de emissão e reportar as Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC). As NDCs são incorporadas aos esforços de cada país em reduzir as emissões nacionais e adaptar-se aos impactos das mudanças climáticas, envolvendo consultas ao setor privado para a elaboração e desenvolvimento de estratégias de mitigação.

Sendo assim, tem-se buscado o engajamento de empresas do setor privado no alcance das NDCs, de modo que as metas voluntárias de redução de emissão de GEE em toda a cadeia logística estejam alinhadas àquelas do Acordo de Paris.

A busca pelo uso de energias renováveis e limpas tem sido a principal estratégia para alcançar as metas de redução de emissões de GEE, de modo a limitar o aumento da temperatura do planeta a 1.5° C em relação aos níveis pré-industriais (2).

Nesse contexto, o setor de transporte possui grande potencial de redução das emissões de GEE, pois demanda 57% da energia global derivada de petróleo (3,4), abrindo margem para substituição da matriz energética.

No Brasil, a demanda energética do setor de transportes cresceu nos últimos anos, aumentando sua participação para 33% do consumo final de energia (5). O consumo de combustíveis fósseis pelo setor é de 68%, o que resulta em uma participação de cerca de 14% das emissões GEE (6). O consumo de combustíveis derivados do petróleo teve uma participação de 95% de toda energia consumida no setor de transporte (5).

Alguns conceitos-chave devem ser respeitados na elaboração de inventários nacionais de emissão, de modo a permitir a comparabilidade entre eles, evitar dupla contagem e possíveis omissões (7). Para isso, diversas metodologias, com diferentes níveis de complexidade são aplicadas para inventariar emissões.

# GASES DE EFEITO ESTUFA E METAS DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DO SETOR DE TRANSPORTES

Sendo assim, neste Boletim, busca-se apresentar a metodologia e as diferentes abordagens na elaboração de inventário de emissões, nacional e corporativo, destacando-se as metas estabelecidas para a redução das emissões de GEE do setor de transporte no Brasil e as estratégias existentes de mitigação.

A construção desse panorama permite compreender e levantar as principais barreiras e oportunidades para o alcance das metas e compromissos do Acordo de Paris e metas corporativas de redução de emissões, pois pode subsidiar a tomada de decisão e o direcionamento de investimentos.

## Gases de Efeito Estufa

Os GEE têm sido emitidos em maior quantidade na atmosfera desde o início da era industrial, implicando em um aumento da temperatura média global em mais de 1°C (8).

Os GEE podem ser classificados em diretos e indiretos, abrangendo diversos gases com potencial de influenciar a energia solar absorvida no sistema climático. Os principais gases com efeito direto (9) são:



### Vapor d'água ( $H_2O$ )

O vapor d'água encontra-se em suspensão, principalmente nas camadas baixas da atmosfera (Troposfera).



### Óxido nitroso ( $N_2O$ )

A emissão deste gás resulta, principalmente, do tratamento de dejetos animais, do uso de fertilizantes, da queima de combustíveis fósseis e de alguns processos industriais.



### Dióxido de carbono ou gás carbônico ( $CO_2$ )

O  $CO_2$  pode ser proveniente de fontes naturais inseridas no ciclo do carbono, tais como a respiração de organismos vivos, decomposição da matéria orgânica, erupções vulcânicas e trocas gasosas com os oceanos.

Quando provenientes de atividades humanas, as emissões de  $CO_2$  estão associadas aos diversos setores da economia – como setor industrial, residencial, de energia, de transporte, residencial – que utilizam combustíveis fósseis, como por exemplo o petróleo, carvão e o gás natural. Quando utilizados no setor de transportes, os combustíveis fósseis são queimados em veículos com motor a combustão interna (MCI). O  $CO_2$  é considerado como referência para classificar o poder de aquecimento global (*Global Warming Potential*, GWP) dos demais gases de efeito estufa.



### Gás metano ( $CH_4$ )

Produzido pela decomposição da matéria orgânica. É abundante em aterros sanitários, lixões e reservatórios de hidrelétricas, na criação de gado (a pecuária representa 16% das emissões mundiais de gases de efeito estufa) e no cultivo de arroz, quando cultivado irrigado por inundação.



## Gases fluorados

Esses passaram a ser utilizados como alternativa para a substituição de substâncias responsáveis pela destruição da camada de ozônio estratosférico (por exemplo, os clorofluorocarbonetos,

hidroclorofluorcarbonos e halons). Esses gases são normalmente emitidos em quantidades menores, porém possuem alto potencial de

aquecimento global. Os seguintes GEE sintéticos são emitidos a partir de uma variedade de processos industriais:

- **Hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>)** é utilizado principalmente como isolante térmico e condutor de calor;
- **Hidrofluorcarbonos (HFCs)** são utilizados como substitutos dos clorofluorcarbonos (CFCs) em aerossóis e refrigeradores;
- **Perfluorcarbonos (PFCs)** são utilizados como gases refrigerantes, solventes, propulsores, espuma e aerossóis.

Portanto, para motores de combustão interna (MCI), os principais GEE diretos que podem ser emitidos a partir da queima de combustíveis fósseis no setor de transporte são o CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub>.

Deve-se considerar, ainda, os gases que possuem efeitos indiretos sobre o aquecimento global, pois após sua emissão na atmosfera, reagem com outros gases ali presentes.

<sup>1</sup> Material Particulado (MP2,5) formado a partir da combustão incompleta de combustíveis fósseis ou de biomassa

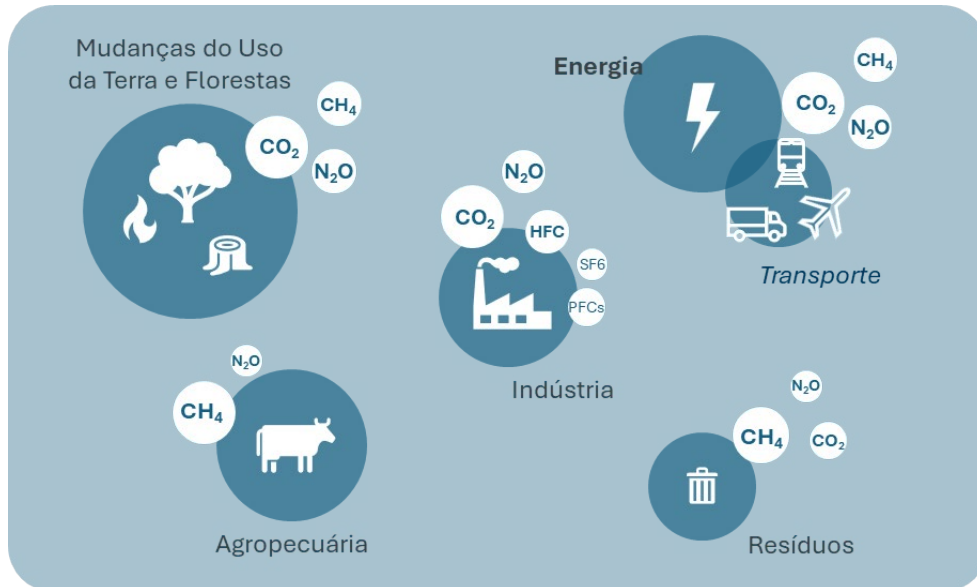
Por exemplo, o CO e NO<sub>x</sub> quando emitidos na atmosfera reagem com radicais hidroxila (OH), reduzindo sua concentração. Esses radicais OH presentes na atmosfera atuam na redução do tempo de vida dos GEE, como o CH<sub>4</sub>, o CO e NO<sub>x</sub>, e, quando em menor concentração, aumentam indiretamente o potencial de aquecimento global. A presença de CO, NO<sub>x</sub> e Compostos Orgânicos não voláteis (NMVOC) na atmosfera também pode levar à formação de Ozônio (O<sub>3</sub>) na troposfera. Por essas razões, além de serem considerados poluentes atmosféricos de ação local que atuam, por exemplo, em bairros e cidades, alguns GEE indiretos têm potencial para aumentar a temperatura média do planeta, manifestando um duplo efeito nocivo (10).

Alguns GEE e poluentes atmosféricos que possuem um tempo de vida na atmosfera muito inferior ao do CO<sub>2</sub>, mas com grande potencial de aquecimento global, são denominados Poluentes Climáticos de Curta Duração (*Short-Lived Climate Pollutants* – SLCP). Os principais SLCP são os gases CH<sub>4</sub>, O<sub>3</sub> e HFC, além do *Black Carbon*<sup>1</sup>. Esses gases e MP apresentam alto potencial de aquecimento global. Devido ao alto impacto globalmente e localmente, a mensuração, relato e verificação dos SLCP ou de parte deles, é estratégica para o atingimento de compromissos ambientais e redução do impacto na saúde da população local (10).

# GASES DE EFEITO ESTUFA E METAS DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DO SETOR DE TRANSPORTES

A Figura 1 aponta para os principais GEE emitidos pelos setores da economia.

**Figura 1 – Fontes de emissão de Gases de Efeito Estufa**



Fonte: Elaboração própria com base em (11,12)

<sup>2</sup> *Brazilian Land Use and Energy System* é o modelo utilizado para identificar possíveis trajetórias de descarbonização que possibilite que o Brasil alcance seus compromissos climáticos com maior custo-efetividade (16)

## Metas de redução de Emissões de GEE para o setor de transportes no Brasil

Para o Brasil, as metas da NDC no âmbito do Acordo de Paris foram atualizadas após mudanças realizadas em 2022, visando retomar a ambição apresentada em 2015. Para isso, foram construídas trajetórias de emissão para os anos de 2025, 2030 e 2050. Nesse contexto, o Brasil se comprometeu a atingir uma redução de 48% na emissão de GEE até 2025 e de 53% até 2030, em relação às emissões de 2005 (13). Para 2050, foi estabelecido a meta de neutralidade de carbono, com remoção de CO<sub>2</sub> compensando as emissões, resultando em emissões líquidas zero (14).

Essas metas foram definidas para o conjunto da economia, o que implica que as trajetórias para o alcance delas podem ser diversas, sendo direcionado recursos e esforços para as medidas mais custo-efetivas (14). Em 2024, o Brasil apresentou na COP29 a sua nova NDC, com metas para 2035 (15), definida a partir das metas já estabelecidas. Para isso, foram definidas possíveis rotas para alcançar a neutralidade climática até 2050, bem como meta intermediária para 2035, definida a partir do modelo BLUES<sup>2</sup>.

Ao se construir cenários de emissão, o Brasil assume que há incertezas associadas às projeções futuras relativas a sistemas complexos. Dessa forma, a nova meta da NDC brasileira é apresentada em uma faixa, em que admite um teto que reflete o crescimento esperado da atividade econômica. Desta forma, a trajetória projetada para 2030 pode alcançar um teto de 126 MtCO<sub>2</sub>e (+9% em relação a 2022), enquanto para 2035, essa faixa de redução fica entre o limite superior de 59% e 67% para o cenário de baixa emissão. Portanto, a definição de meta com um número fixo foi substituída por faixa, considerando que a extensão da implementação de sua ambição climática depende de fatores, nacionais e/ou internacionais, imprevisíveis que poderão emergir até 2035. Tais fatores incluem os níveis de cooperação global, de investimentos e de desenvolvimento e difusão tecnológicos (16).

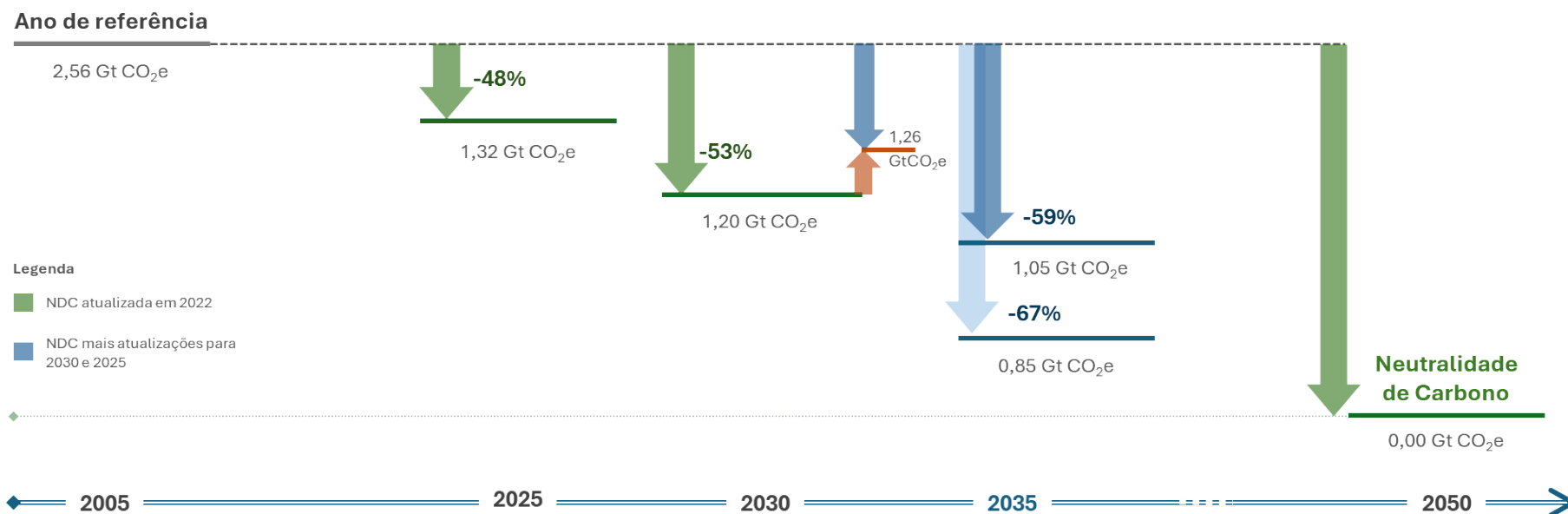
# GASES DE EFEITO ESTUFA E METAS DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DO SETOR DE TRANSPORTES

Sendo assim, foram construídos cenários a partir de premissas. O que determina que o Brasil alcance uma maior redução das suas emissões pode ocorrer se o contexto internacional for favorável, com crescimento exponencial da cooperação e difusão tecnológicas.

Por outro lado, se o cenário for de fragmentação da cooperação internacional, poderá impor como limitação ao potencial brasileiro, implicando no alcance de uma menor redução das emissões GEE.

A Figura 2 apresenta as emissões do ano base de 2005 e as metas definidas para a redução das emissões.

Figura 2 – Metas estabelecidas nas NDCs brasileiras para os setores da economia



Fonte: Elaboração própria com base em (14,17)

# GASES DE EFEITO ESTUFA E METAS DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DO SETOR DE TRANSPORTES

O alcance das metas estabelecidas no âmbito do Acordo de Paris depende da ação coordenada entre governos, organizações internacionais, investidores, sociedade civil, cidadãos e empresas. Dessa forma, o setor privado também apresenta um papel a ser desempenhado no enfrentamento às mudanças do clima. Para isso, é necessário que essas empresas também monitorem suas emissões, a fim de compreender e gerenciar sua contribuição. A segunda rodada de NDCs oferece uma oportunidade para que atores não estatais apresentem sua contribuição para o Acordo de Paris (18,19).

O Plano Clima (16) define metas para mitigação das emissões de GEE para todos os setores, bem como medidas de adaptação às mudanças do clima. Especificamente para mitigação de emissões do setor de transportes, o plano tem como escopo o transporte regional de passageiros e cargas nos modos rodoviário, ferroviário, aéreo e aquaviário, sendo o transporte urbano alocado no Plano Setorial de Cidades.

O Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAv) atua no sentido de incentivar a produção e uso de SAF (*Sustainable Aviation Fuel*), estabelecendo um mandato de emissões na busca de alcançar a meta de redução de 1% das emissões de CO<sub>2</sub> ao ano das operações domésticas por meio da mistura de SAF ao querosene de aviação. O período para exercício desse mandato foi estipulado para o período entre 2027 e 2037, ano em que deve ser alcançada a meta de redução de 10% das emissões de GEE desse modo (20). Dessa forma, não é estabelecido um mandato de mistura, pois não há rota de produção definida, buscando-se, assim, promover a competição entre as rotas, de forma que prevaleça aquela com maior eficiência energético-ambiental para o alcance das metas (21).

O transporte aéreo internacional busca reduzir as suas emissões de GEE conforme metas estabelecidas pela ICAO (Organização da Aviação Civil Internacional) de alcançar crescimento neutro em carbono a partir de 2020 e emissões líquidas zero para a aviação internacional até 2050 – isso deve ocorrer em voos entre alguns países a partir de 2027 (22,23,24).

No entanto, não foi estabelecida meta específica de redução de emissões para o modo aquaviário doméstico (cabotagem e transporte hidroviário). O Plano Clima estabelece meta de aumento percentual de uso de combustíveis de baixa emissão na navegação doméstica para 6% em 2030, alcançando 28% em 2035. Além disso, busca o aumento da participação do modo aquaviário na matriz de transporte de carga por meio da transferência modal, visando alcançar uma participação de 15% em 2030 e de 18% em 2035.

Em âmbito internacional, a Organização Marítima Internacional (IMO) estabeleceu uma meta de redução das emissões de GEE em 40% até 2030 e emissões líquidas zero até 2050. Para isso, a Intensidade de Carbono (IC), em gCO<sub>2</sub>e/MJ, das embarcações são monitorados de acordo com a fonte de energia a partir de relatórios anuais, nos quais é apresentada a IC do combustível utilizado na embarcação. Para incentivar o uso de combustíveis sustentáveis de navegação, um limite de 19 gCO<sub>2</sub>eq/MJ foi definido e as embarcações que mantiverem suas IC inferiores a ele, serão recompensadas. Por outro lado, aquelas que possuírem IC superior deverão pagar por tonelada emitida que pode variar de US\$100 /tCO<sub>2</sub>e, para nível 1, e US\$ 380 /tCO<sub>2</sub>e, para o nível 2. A partir disso, é formado um fundo destinado a promover uma transição energética justa, custeando as recompensas de embarcações de baixa emissão, investimentos para suporte de inovações, pesquisas e infraestrutura, sobretudo em países emergentes, além de ações para mitigação dos impactos das mudanças do clima em países vulneráveis.

Para o modo ferroviário não foram definidas metas específicas de redução de emissão de GEE. Devido a sua maior eficiência energética, busca-se aumentar a sua participação na matriz de transporte por meio da transferência modal. Sendo assim, foi estabelecida meta para que a carga transportada pelo modo ferroviário alcance 31,5 bi TKU em 2030 e 38,0 bi TKU em 2035. O meio de monitoramento e verificação da redução das emissões para alcance das metas nacional é o próprio Inventário Nacional de Emissões e Remoções de GEE, que deve ser atualizado e reportado à nacional à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, no acrônimo em inglês).

# INVENTÁRIO DE EMISSÕES NACIONAL E CORPORATIVO

Os inventários nacionais devem conter as estimativas para o ano durante o qual ocorrem as emissões e remoções. Na ausência de dados adequados para seguir este princípio, as emissões/remoções podem ser estimadas utilizando dados de outros anos, aplicando métodos apropriados, como média, interpolação e extrapolação. Uma sequência de estimativas anuais de inventários de GEE) é chamada de série temporal. Devido à importância de monitorar as tendências de emissões ao longo do tempo, os países devem garantir que a série temporal de estimativas seja o mais consistente possível (7).

O Brasil detalha o progresso realizado na sua [Quarta Comunicação Nacional](#), publicada em 2021. Esse inventário realiza a estimativa compreendendo o período até 2016. O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) emite relatórios de estimativas anuais que permitem informar a magnitude das emissões com um menor intervalo de tempo (14). O Brasil se comprometeu a reportar à UNFCCC as emissões de GEE a cada dois anos em relatórios de transparência (BTR), tendo publicado, em 2024, as emissões atualizadas no BTR para o período de 1990 até 2022 (25).

Os inventários nacionais incluem as emissões e remoções de GEE que ocorrem dentro do território de um país e em suas áreas *offshore*. O principal objetivo desse tipo de inventário é, portanto, realizar o monitoramento das emissões de GEE para verificar o alcance das metas propostas nas NDCs e relatar aos órgãos da UNFCCC.

No âmbito do setor de transportes, apenas as emissões domésticas devem ser contabilizadas, considerando o combustível que é vendido no país e não onde o veículo é utilizado. Isso permite que os dados disponíveis de estatísticas de vendas de combustíveis utilizados sejam mais precisos (26). Dentro dessa perspectiva, o inventário para o transporte aéreo interacional e do transporte marítimo de longo curso devem ser estimados a parte.

## Emissões e remoções de GEE

A captura de carbono é contabilizada como remoções e corresponde a todo gás carbônico presente na atmosfera que é fixado por meio de processos biológicos ou de tecnologias de sistemas de captura desenvolvidos pelo homem. Ainda, outros termos podem estar relacionados às remoções das emissões, tais como sumidouro e reservatório. Entende-se como sumidouro qualquer processo, atividade ou mecanismo de remoção de um GEE, um aerossol ou um precursor de um GEE da atmosfera. De modo geral, as remoções consideradas no inventário nacional correspondem à captura do CO<sub>2</sub> pelas plantas durante o processo de fotossíntese que fixa o carbono na sua estrutura, permitindo que a planta cresça, tornando o carbono capturado parte dela. Dessa forma, as emissões líquidas referem-se ao total de emissões menos as remoções.

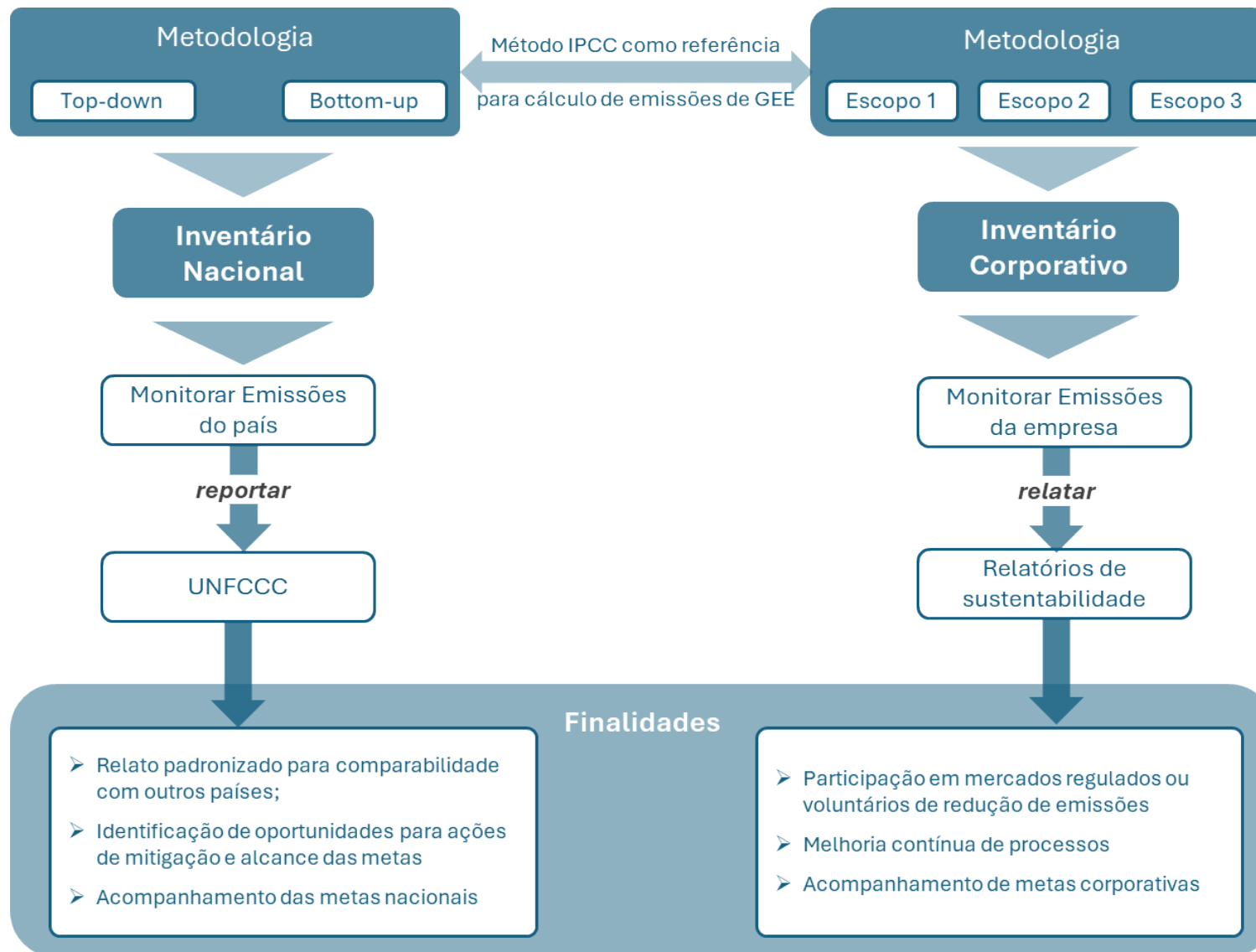


Vale destacar que os sistemas de captura e armazenamento de carbono desenvolvidos como ferramenta para redução dos níveis de carbono da atmosfera é uma tecnologia que busca auxiliar as medidas de mitigação e pode ter um papel relevante nos esforços globais no alcance das metas, sendo aplicada em plantas industriais, como na produção de cimento, por exemplo.

Fonte: (12,9,27)

# INVENTÁRIO DE EMISSÕES NACIONAL E CORPORATIVO

Figura 3 – Diferenças das metodologias e finalidades dos Inventários Nacionais e Corporativos



Fonte: Elaboração própria com base em (14)

O conceito de Medição, Relato e Verificação (MRV) constitui um sistema base para a governança climática, pois compreende o monitoramento das emissões de GEE ao longo do tempo, a partir da coleta de dados e cálculo dessas emissões antes e após a implementação de ações de mitigação. Assim, é possível verificar o avanço na redução das emissões, a partir da compilação e reporte dessas informações a órgãos externos para fins de auditoria e validação.

Embora a necessidade de sistemas de transparência já estivesse presente nas diretrizes da UNFCCC, o Acordo de Paris consolidou a importância estratégica das estruturas de MRV. Historicamente, essa sistemática era frequentemente vinculada às Ações de Mitigação Nacionalmente Adequadas (NAMAs), visando mensurar o progresso do desenvolvimento sustentável em economias emergentes. Atualmente, o debate técnico sobre as estruturas de MRV concentra-se na definição do escopo e na densidade informativa necessária para assegurar que as entidades e nações cumpram as trajetórias de descarbonização estabelecidas em seus compromissos governamentais ou cenários climáticos de referência (10).

No âmbito nacional, a sofisticação das estimativas é diretamente proporcional à disponibilidade e à integridade dos dados primários. Consequentemente, a fase de coleta preliminar e a escolha da profundidade metodológica devem preceder a delimitação do escopo operacional do MRV. A eficácia desse sistema de transparência pode ser potencializada quando há diretrizes de monitoramento, maturidade nos métodos de inventário e relato de eventuais lacunas metodológicas (10).

Apesar dos avanços, o reporte para compromissos climáticos não demanda informações cruciais para a avaliação do cumprimento das metas. A integração de dados dos inventários nacionais, sobretudo por meio de modelos *bottom-up*, nas estruturas de MRV promove a consistência do relato e facilita a comparabilidade internacional dos resultados (28).

Essa sinergia metodológica permite que os dados compilados pelo MRV retroalimente o inventário nacional, servindo como insumo para revisões e ajustes finos (10). A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) categoriza o escopo do MRV em três dimensões: emissões, ações de mitigação e suporte recebido ou provido. O pilar de emissões foca na mensuração de GEE nos níveis nacional, organizacional e de instalações específicas, buscando indicadores que retratem o perfil emissor da entidade analisada.

Atualmente, as estruturas de MRV operam tanto no monitoramento do histórico e das linhas de base (*baselines*), reportando o nível de ambição atual, quanto na avaliação de projeções e resultados de medidas de mitigação futuras. Ao se estabelecer uma linha de base, é possível obter o nível de emissão de referência indispensável para o estabelecimento de metas e para a quantificação de mudanças ao longo do período analisado. Enquanto a linha de base histórica é aplicada em inventários convencionais até um ano-base definido, sua aplicação em projeções permite construir trajetórias de desenvolvimento tecnológico, uso de energia e intensidade de atividades.

O inventário corporativo de emissões GEE é uma ferramenta de gestão que permite a uma organização identificar, quantificar e reportar as emissões resultantes de suas atividades em um período determinado. Diferente dos inventários nacionais, que possuem uma lógica territorial e estatística agregada, o inventário corporativo foca na responsabilidade operacional e financeira. Sendo assim, o inventário corporativo geralmente é estruturado sob diretrizes internacionais como o GHG Protocol (29).

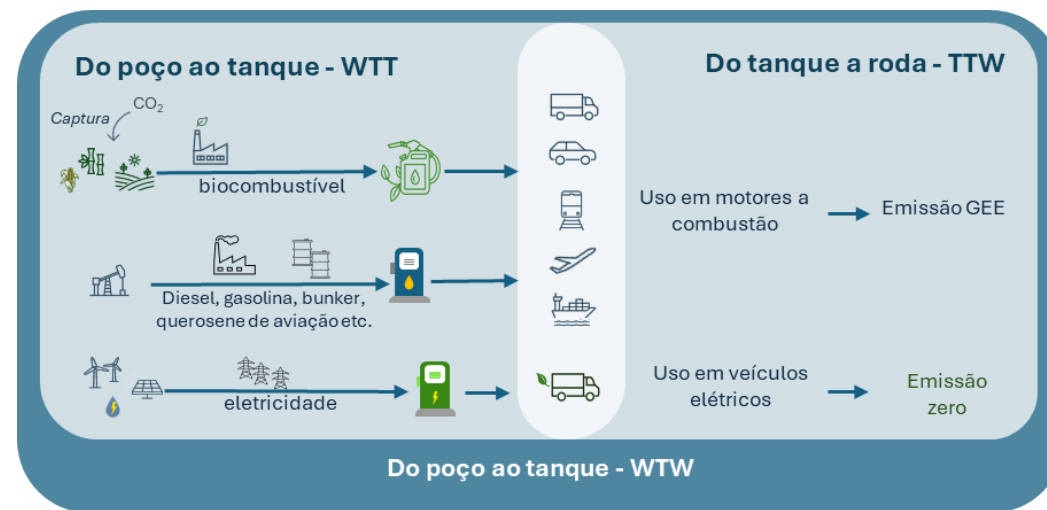
# INVENTÁRIO DE EMISSÕES NACIONAL E CORPORATIVO

Ele utiliza o conceito de análise de ciclo de vida (ACV) e organiza as emissões em três escopos:

- **O Escopo 1** refere-se às Emissões Diretas de uma organização. Essas emissões são provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela empresa como, por exemplo, queima de combustível em frota própria ou caldeiras.
- **O Escopo 2** trata das Emissões Indiretas decorrentes do uso de energia. Assim, as emissões resultam do consumo pela organização de eletricidade, calor ou vapor.
- **O Escopo 3** consideram outras Emissões Indiretas. Elas ocorrem na cadeia de valor da empresa, incluindo atividades antes (fornecedores) ou depois (clientes) de sua operação direta.

Sendo assim, na ACV para análise da energia utilizada no transporte o ciclo *well-to-wheels* consiste nas emissões durante as fases de produção e distribuição dos combustíveis (*well-to-tanks*) e do consumo de combustível nas fontes móveis, *tank-to-wheels*, conforme esquematizando na Figura 4.

Figura 4 – Ciclo de vida



Fonte: Elaboração própria

O inventário corporativo é, portanto, a base para a descarbonização, permitindo que a empresa identifique as principais fontes de emissão, direcionando investimentos em eficiência energética e novas tecnologias. Além disso, investidores e o mercado financeiro podem utilizar esses dados para avaliar riscos climáticos. Empresas que reportam suas emissões demonstram maior maturidade em governança ambiental (ESG – *Environmental, Social and Governance*).

Vale pontuar que a redução das emissões pode promover a redução de custos. Isso ocorre pois, em muitos casos, a emissão de GEE está associada ao desperdício de combustível ou perdas de energia. O aumento da eficiência energética promove a redução das emissões, resultando também na redução de custos.

# INVENTÁRIO DE EMISSÕES NACIONAL E CORPORATIVO

Ao inventariar suas emissões, as empresas podem entrar no mercado voluntário de carbono. Ainda, com o avanço de mercados de carbono e regulamentações nacionais, como as relacionadas à NDC brasileira, o inventário pode preparar a empresa para futuras obrigações legais (9).

Uma das maiores relevâncias do inventário corporativo reside na sua capacidade de retroalimentar os dados de parceiros de negócio que atuam na cadeia de valor da empresa ou organização. O Escopo 3 é, frequentemente, a maior parcela das emissões de uma empresa, mas também a mais difícil de mensurar e de reduzir, por depender de terceiros (30,29,9).

Dessa forma, quando uma empresa inventaria e relata as suas emissões diretas de GEE, ela colabora com as demais empresas ou organizações das quais as suas emissões se enquadram no Escopo 3. Por exemplo, quando uma empresa de logística (Transportador) realiza seu próprio inventário (Escopo 1), e realiza o reporte desses dados e resultados, ela gera um dado real e preciso. Se o seu cliente (Embarcador) deseja calcular seu Escopo 3, ele pode utilizar esses dados reais em vez de usar médias de mercado ou estimativas genéricas, aumentando a aderência à realidade em seu relatório de emissões. Portanto, o inventário de uma empresa é o insumo para o Escopo 3 de outra. Se todos os elos da cadeia (fornecedores de matéria-prima, transportadores, distribuidores) inventariarem suas emissões, a pegada de carbono do produto final torna-se transparente e auditável (9).

Por fim, vale ressaltar que ainda que fosse possível que todas as empresas de um país realizassem seus inventários de emissão corporativos, a soma das emissões resultantes não seria igual às emissões reportadas em inventário nacional. Isso ocorre porque haveriam sobreposições que implicariam em dupla contagem, dificultando essa agregação (14).

## Métodos para estimativa das emissões CO<sub>2</sub> do setor de transportes

A metodologia base para a estimativa e monitoramento das emissões de GEE nacionais para reporte do alcance das metas das NDCs foi baseada majoritariamente nas diretrizes do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC<sup>3</sup>), em 2006 (31), atualizado em 2019 (7), e tem sido a metodologia de referência.

A elaboração de inventários de emissões para o setor de transportes é fundamental para a gestão climática nacional, exigindo compreensão das métricas, da metodologia e abordagem para sua estimativa. Nesse contexto, é necessário contabilizar a emissão de todos os GEE além do CO<sub>2</sub>, considerando o Potencial de Aquecimento Global (GWP) e o Potencial de Mudança de Temperatura Global (GTP).

A precisão dos inventários de emissão é proporcional à qualidade dos Fatores de Emissão utilizados no cálculo. Um Fator de Emissão (FE) funciona como um coeficiente que relaciona o conteúdo de carbono em massa de poluente emitida com uma unidade de atividade, seja ela a distância percorrida em quilômetros (por exemplo, gCO<sub>2</sub>/km) ou o consumo, em litros de combustível (por exemplo, gCO<sub>2</sub>/l) ou a energia consumida, considerando o poder calorífico do combustível (por exemplo, gCO<sub>2</sub>/J).

<sup>3</sup> IPCC é a sigla em inglês para *Intergovernmental Panel on Climate Change*

## O que é Potencial de Aquecimento Global (GWP) e Potencial de Mudança de Temperatura Global (GTP)?

O GWP e GTP são ferramentas que permitem imputar a equivalência dos GEE de forma relativa a um gás de referência. Dessa forma, é possível contabilizar as emissões mesmo com a heterogeneidade dos gases de efeito estufa, possibilitando uma base comparativa comum.

O GWP, consolidado como a métrica de referência em acordos internacionais, quantifica a energia acumulada por um gás num horizonte temporal definido, geralmente de 100 anos, em relação ao CO<sub>2</sub>. Essa abordagem integrativa foca na forçante radiativa acumulada na atmosfera, sendo ideal para monitorar o cumprimento de metas de emissões líquidas.

O horizonte de tempo, por exemplo, 100 anos, é importante ser considerado, visto que o GWP de uma substância depende do período em que o potencial é calculado. O tempo de vida dos GEE na atmosfera variam e, conseqüentemente, o seu potencial de aquecimento. Portanto, considerar o mesmo horizonte-base ajuda a comparar e converter gases utilizando uma métrica comum. Como os resultados são baseados em fatores como a eficiência radiativa e a taxa de decaimento<sup>16</sup> de cada gás em relação ao CO<sub>2</sub>, reforça-se a necessidade de revisões periódicas por meio de *Assessment Reports* (AR).

O GTP mede a variação da temperatura média da superfície global num momento específico do futuro. Embora o GTP apresente incertezas mais elevadas devido à complexidade da resposta térmica dos oceanos e da atmosfera, a sua aplicação é altamente recomendada para políticas que visam limitar o aquecimento global a patamares específicos, como o limite de 1,5°C estabelecido pelo Acordo de Paris. No setor de transportes, embora substâncias como o metano e o óxido nitroso apresentem potenciais de aquecimento muito superiores aos do dióxido de carbono, a escala das emissões deste último, decorrente da combustão massiva de hidrocarbonetos, torna-o o principal protagonista nos balanços setoriais.

Fonte: (10,31,6)

A determinação dos fatores de emissão é um processo complexo, influenciado por variáveis técnicas que incluem a fase tecnológica do motor, a eficiência dos sistemas de pós-tratamento, a idade da frota e a composição físico-química dos combustíveis.

Em relação à fase tecnológica, no Brasil, as normas PROCONVE (Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores) é responsável por estabelecer limites para emissão de gases poluentes na atmosfera de efeito local (poluição atmosférica), bem como de poluição sonora dos veículos, induzindo a modernização tecnológica dos veículos pela indústria automotiva, resultando na melhoria da qualidade do ar. Muitas vezes é realizada a equivalência com as normas EURO, estabelecidas Europa. Os gases responsáveis pela poluição atmosférica não estão no escopo do estudo deste Boletim de Logística.

# INVENTÁRIO DE EMISSÕES NACIONAL E CORPORATIVO

Para as emissões de CO<sub>2</sub>, o cálculo é relativamente direto, baseando-se no conteúdo de carbono do combustível e assumindo a sua oxidação total.

$$\text{Emissão Total [CO}_2\text{]} = \text{Consumo de combustível [litros]} \times \text{Fator de Emissão [gCO}_2\text{/litros]}$$

Por outro lado, para gases não-CO<sub>2</sub>, emitidos quando há combustão incompleta, como os óxidos de azoto (NO<sub>x</sub>) e o monóxido de carbono (CO), as emissões dependem criticamente do regime de operação do veículo e do estado de manutenção dos componentes, o que exige a aplicação de modelos mais sofisticados e, preferencialmente, o uso de FE locais, de modo a evitar distorções estatísticas.

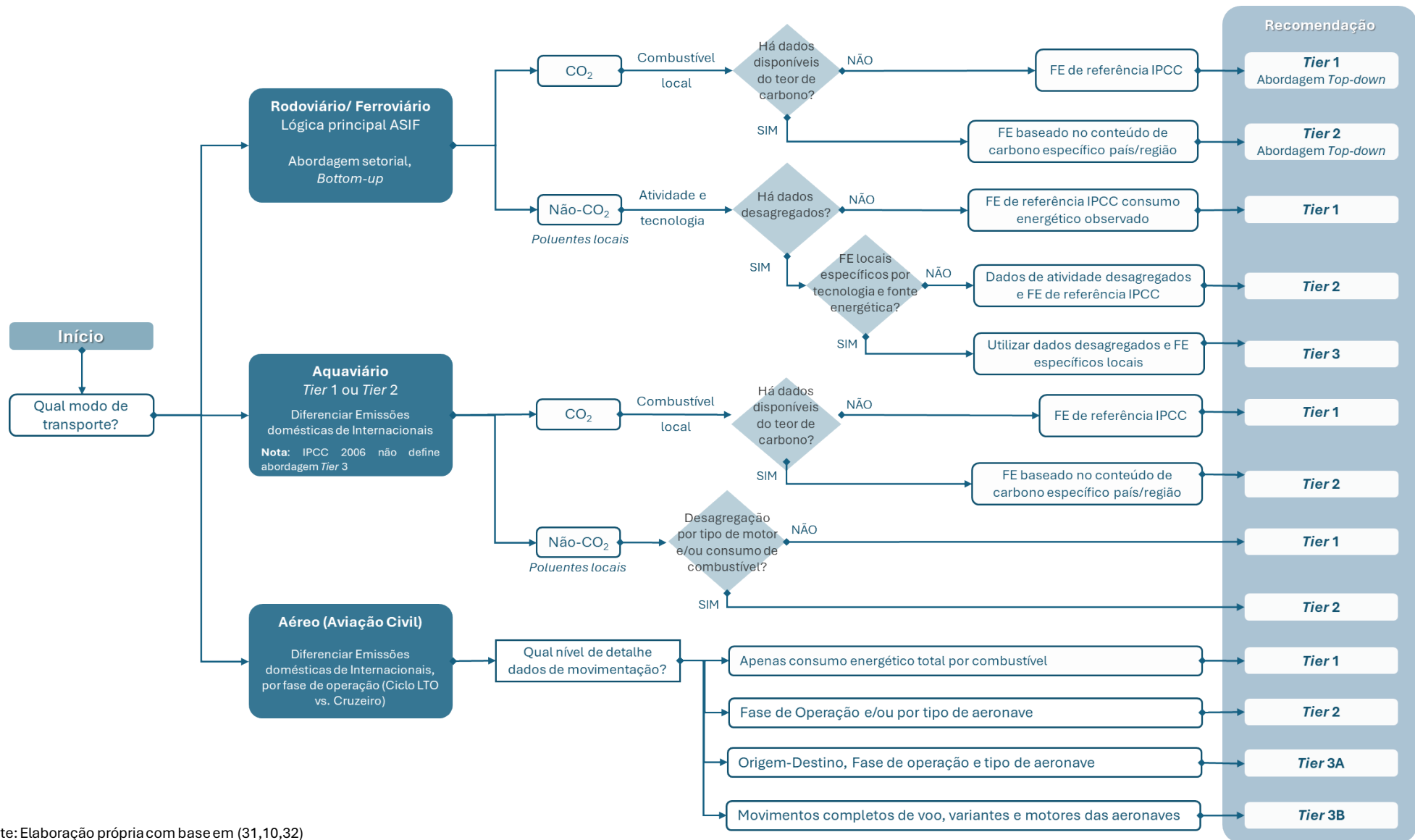
A organização metodológica proposta pelo IPCC escala o rigor das estimativas de emissões em três níveis, denominados *Tiers*. O nível *Tier 1* representa a abordagem mais simplificada, recorrendo a dados de atividade do transporte agregados e FE padrão fornecidos internacionalmente. Já o *Tier 2* introduz um grau de refinamento ao incorporar coeficientes que refletem a realidade nacional ou ao desagregá-las por tecnologias básicas. O estado da arte é atingido no *Tier 3*, que exige uma desagregação total da frota e dados de atividade específicos, como perfis de condução reais e ciclos de carga específicos. No Brasil, as emissões do modo rodoviário e da aviação civil têm aplicado metodologias *Tier 3*, permitindo uma análise que diferencia, por exemplo, o impacto de veículos leves e pesados nas emissões ou as emissões geradas em diferentes fases de voo.

Essa transição para níveis superiores de complexidade permite que as políticas públicas não precisem ter como base médias globais, passando a atuar sobre as especificidades do transporte nacional.

Paralelamente aos *Tiers*, a condução de inventários nacionais deve conciliar duas abordagens complementares, a de Referência (*Top-down*) e a Setorial (*Bottom-up*). A abordagem de referência é fundamentada na oferta total de energia, utilizando os dados de venda de combustíveis como o parâmetro principal para estimar as emissões de CO<sub>2</sub>, normalmente fornecidos no Balanço Nacional de Energia (BEN, publicado anualmente pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

# INVENTÁRIO DE EMISSÕES NACIONAL E CORPORATIVO

Figura 5 – Árvore de decisão para escolha dos *Tiers* de acordo com a disponibilidade de dados



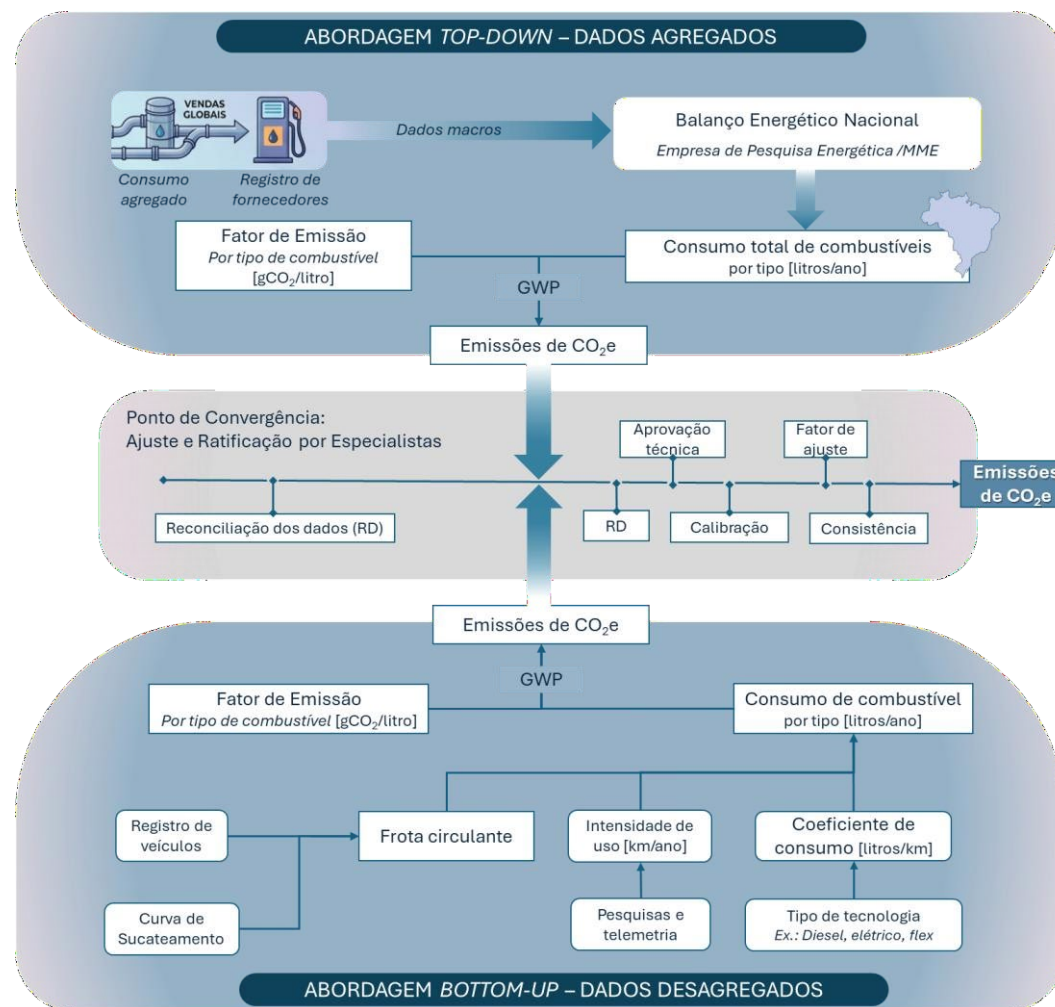
Fonte: Elaboração própria com base em (31,10,32)

# INVENTÁRIO DE EMISSÕES NACIONAL E CORPORATIVO

Assim, pela lei da conservação das massas, o carbono que entra no sistema económico sob a forma de combustível será, eventualmente, emitido, o que torna este método extremamente robusto para balanços de gases diretos. No entanto, por meio da visão macroscópica não é possível capturar as nuances tecnológicas das fontes emissoras, tornando a abordagem setorial ou *Bottom-up* indispensável para contabilizar as emissões de cada fonte móvel, por tipo de tecnologia, para compor o total setorial.

O cruzamento dessas abordagens atua como um mecanismo de controle de qualidade, pois permite que haja reconciliação dos dados, processo que consiste em comparar, verificar e ajustar dados e informações entre diferentes fontes ou sistemas para garantir consistência, integridade e precisão, identificando e corrigindo discrepâncias, garantindo a qualidade dos dados e dos resultados. Além disso, o consumo observado na abordagem de *Top-down* atue como o limite estatístico para validar a soma das emissões calculadas na abordagem *Bottom-up*, podendo ser a calibração dos cálculos, ajustes e correções em variáveis como a intensidade de uso da frota ou o rendimento energético médio, garantindo a consistência e a validação da estimativa das emissões de CO<sub>2</sub>e (Figura 6).

Figura 6 – Calibração abordagens *Bottom-up* e *Top-down*



Fonte: Elaboração própria com base em (10,32)

# INVENTÁRIO DE EMISSÕES NACIONAL E CORPORATIVO

---

No aprofundamento das análises setoriais, pode-se destacar o método ASIF<sup>4</sup>, que decompõe as emissões em quatro aspectos, sendo eles: Atividade, Estrutura, Intensidade e Combustível. O aspecto da Atividade do transporte refere-se à medida em toneladas-quilômetro ou passageiros-quilômetro. A Estrutura analisa a matriz modal e a composição da frota; no aspecto Intensidade, busca-se medir a eficiência energética dos veículos; e o Combustível avalia a pegada de carbono da fonte energética utilizada. A utilidade do método ASIF reside na sua capacidade de identificar os vetores de mudança, permitindo discernir, por exemplo, se uma redução de emissões durante determinado período foi fruto de uma melhoria tecnológica nos motores ou de uma transferência modal (33). Esta metodologia aproxima-se conceptualmente da abordagem *Bottom-up* do IPCC, mas oferece uma flexibilidade adicional ao permitir a modelação a partir de dados operacionais agregados por operadoras, como é o caso das concessionárias ferroviárias, em que a contabilização individual de locomotivas pode ser impraticável (10).

A especificidade de cada modo de transporte impõe desafios metodológicos distintos que devem ser observados. No modo aéreo, por exemplo, deve-se distinguir as emissões domésticas das internacionais e separar as operações em fases distintas do ciclo LTO (*Landing and Take-Off*), que abrange as manobras abaixo de 3.000 pés e tem impacto direto na qualidade do ar local, e da fase de cruzeiro, que ocorre em altas altitudes. No modo rodoviário, a complexidade advém das curvas de sucateamento da frota, em que o envelhecimento dos veículos e a degradação dos sistemas de controle de emissões alteram os fatores de emissão ao longo do ciclo de vida do veículo. Já no transporte aquaviário, a classificação entre navegação de cabotagem e de longo curso é essencial para a correta atribuição de responsabilidades nos inventários nacionais perante a convenção do clima. No Brasil, os principais estudos que contabilizam as emissões do setor de transporte são apresentados na Tabela 1.

<sup>4</sup> Activity; Share (or Structure); Intensity; and Fuel

# INVENTÁRIO DE EMISSÕES NACIONAL E CORPORATIVO

**Tabela 1 – Inventários de emissão e estudo de cenários prospectivos para o setor de transporte no Brasil**

Modos		Dados				
		Histórico	Fonte	Cenários Prospectivos	Fonte	Metas
Rodoviário		✓	MCTI (2020); IEMA (2025); OSML (2025); ANTT (2014) (34,6,35)	✓	MCTI (2020); IEMA (2025) (34,6,35)	MMA (2026) (36)
Ferroviário		✓	MCTI (2020); ANTT (2012); OSML (2025) (34,6,37)	✓	MCTI (2020) (6)	MMA (2026) (36)
Aéreo	Doméstico	✓	ANAC(2025); MCTI (2020); OSML (2025) (34,6,38)	✓	MCTI (2020); EPE (6,39)	Brasil (2025); MMA (2026) (20,36)
	Internacional	✓	ICAO (2020); OSML (2025) (23,34)	✓	EPE (2024) (40)	IATA (2021), ICAO (2025) (41,22)
Cabotagem		✓	MCTI (2020); ANTAQ (2024); OSML (2025) (6,42,34)	✓	MCTI (2020); EPE (2024) (6,43)	MMA (2026) (36)
Aquaviário	Hidroviário	✓	MCTI (2020); ANTAQ (2024); OSML (2025) (6,42,34)	✓	MCTI (2020); EPE (2024) (6,43)	MMA (2026) (36)
	Marítimo longo curso	✓	IMO (2021) (44)	✓	IMO (2021); IEA (2023) (44,45)	IMO (2023) (46)
Dutoviário		✓	OSML (2025) (34)	✗	-	-
Transporte	Carga	✓	OSML (2025); EPE (2025) (34,47)	✓	Gonçalves et al. (2019); Gonçalves et al. (2022) (48,32)	MCTI (2020); Gonçalves (2020) MMA (2026) (6,48,36)
	Passageiro	✓	OSML (2025); EPE (2025) (34,47)	✓	Gonçalves et al. (2019); Gonçalves et al. (2022) (48,32)	MCTI (2020); Gonçalves (2020); MMA (2026) (49,6,36)

A sistematização das metodologias e os dados para a elaboração de inventários de emissões de GEE no setor de transportes brasileiro revela uma arquitetura técnica baseada majoritariamente nas diretrizes do IPCC (2006), conforme pode ser observado na Tabela 2. A análise das fontes apresentadas demonstra que o país adota diferentes níveis de complexidade, variando entre abordagens *Top-Down* e *Bottom-Up*, buscando sinergias para mitigar incertezas dos dados nacionais.

As emissões de GEE na Quarta Comunicação são realizadas pelas abordagens *Bottom-up* e *Top-down*, de modo a manter a qualidade dos resultados do setor de transporte. O cálculo das emissões por meio das duas abordagens apresentou diferenças abaixo de 5%, consideradas não significativa pelo IPCC (2006) (6). As metodologias e abordagens utilizadas pelos estudos levantados na Tabela 1, bem como as fontes dos dados utilizados no cálculo das emissões de GEE para os diferentes modos do setor de transportes são apresentadas na Tabela 2.

# INVENTÁRIO DE EMISSÕES NACIONAL E CORPORATIVO

Tabela 2 – Metodologias e abordagens utilizadas nos Inventários de Emissão do transporte no Brasil

Estudo   autor	Modo	Metodologia	Frota	Fator de emissão	Atividade	Consumo de combustível	Rendimento	Distância percorrida
MCTI (2020) (6)	Aéreo	Tier 3a (IPCC, 2006)	-	Vol. 2, Cap. 3 (IPCC, 2006); ANAC (2020).	Banco de dados de Movimento de Tráfego Aéreo; tempos médios para cada etapa do ciclo LTO (OACI, 2011; FOI, 2013); tempos médios de operação padrão APU para aeronaves (ACRP, 2012); BEN (EPE, 2019)	-	-	-
	Rodoviário	Tier 3 - gases não -CO <sub>2</sub> e Tier 2 - CO <sub>2</sub>	Venda de veículos e curva de sucateamento estimadas com base em (ANFAVEA, 2019; ABRACICLO, 2019; Brasil, 2002; 2010; 2014; IBTS, 2019)	Vol. 2, Cap. 3 (IPCC, 2006); BRASIL (2014); CETESB (2019).	Intensidade de uso (Brasil, 2014; Gonçalves C D'agosto, 2017; Cetesb, 2019).	(CETESB, 2019; Brasil, 2014; IBTS, 2019)	-	-
	Ferroviário	Tier 2 (IPCC, 2006)	-	Vol. 2, Cap. 2 (IPCC, 2006); Vol. 2 (IPCC, 1997); APEI Guidebook (EMEP/EEA, 2013 e 2017) (50)	-	-	-	-
	Hidroviário	Tier 2 (IPCC, 2006)	-	-	BEN (EPE, 2019); BEU (1983, 1993 e 2004).	-	-	-
	Outros	Tier 2 (IPCC, 2006)	-	-	-	-	-	-
OSML (2025) (51)	Todos	TEMA - abordagens técnicas: (i) bottom-up; (ii) top-down; e (iii) ASIF	MCTI (2020); Gonçalves et al. (2020); Gonçalves et al. (2019)	MCTI (2020); Gonçalves et al. (2020); Gonçalves et al. (2019)	MCTI (2020); Gonçalves et al. (2020); Gonçalves et al. (2019)	BEN (EPE, sd); Anuário Estatístico ANP	Rodoviário: Anuário NTU (NTU, sd); ANTP (sd)	-

# INVENTÁRIO DE EMISSÕES NACIONAL E CORPORATIVO

Estudo   autor	Modo	Metodologia	Frota	Fator de emissão	Atividade	Consumo de combustível	Rendimento	Distância percorrida
IEMA (2025) (35)	Rodoviário	<i>Bottom-up</i> (Metodologia da 3a comunicação, 2015)	Utiliza a curva de sucateamento do MCTI (2020) e Frota de ANFAVEA, ABRACICLO, FENATRAN, ADK, DNIT	MCTI (2020)	Estimado com base em valores de referência do MMA (2014)	-	CETESB (2025)	-
ICAO (2020) (23)	Aéreo internacional	Ferramenta com Abordagem <i>Bottom-up</i>	-	-	Banco de dados ICAO Location Indicators	Estimado pela ICAO a partir de dados das fabricantes	Depende da lotação, banco de dados TFS da ICAO, e da etapa de voo (CC/distância, em milhas)	-
ANTAQ (2024) (42)	Aquaviário (Cabotagem e Hidroviário)	GHG Protocol (Programa Brasileiro)	-	DEFRA - FE por tipo de Navio (Ferramenta GHG Protocol)	-	EPE (2024) - BEN	-	ANTAQ - Estatístico Aquaviário (Versão 1.0.1)
IMO (2021) (44)	Aquaviário (marítimo longo curso) - por tipo de embarcação	Abordagem <i>Bottom-up</i>	IHS Markit	IMO (2014) -Third IMO GHG Study	AIS - Exact Earth	Estimado por meio de modelos que consideram o tipo de embarcação	Usa o CC e as distâncias percorridas da base dados do AIS	AIS - Exact Earth; Base de dados IHS; Dados posições dos portos coletados por UMAS Internacional
	Aquaviário (marítimo longo curso)	Abordagem <i>Top-down</i>	-	IPCC (2006)	-	IEA (2020) - World Energy Statistics	-	-
EPE (2022) (52)	Metodologia utilizada pela EPE	IPCC (2006) - <i>Tier 1</i> (consumo de combustível x FE)	-	IPCC (2006) e MCTI (2020) - CO <sub>2</sub> ; IPCC (2006) GEE não -CO <sub>2</sub> e para energia elétrica	-	Base de dados da EPE - BEN	-	-
ANAC (2025) (53,38,54)	Aéreo	IPCC (2006) - <i>Tier 3a</i> - considera cada fase do voo,	Identificada pelo designador OACI da aeronave,	OACI (ICAO <i>Engine Emissions Databank</i> ) e do guia EMEP/EEA (2016) (50)	Dados de movimentação aérea do DECEA e informações sobre aeronaves, motores e	Consumo BEN (2023)	-	Coordenadas geográficas dos aeródromos de origem e destino,

# INVENTÁRIO DE EMISSÕES NACIONAL E CORPORATIVO

Estudo   autor	Modo	Metodologia	Frota	Fator de emissão	Atividade	Consumo de combustível	Rendimento	Distância percorrida
		Abordagem <i>Bottom-up</i>	provenientes do BIMTRA do DECEA	para emissões em cruzeiro e no ciclo LTO	combustível de aviação provenientes de diversas fontes, como a OACI, a ANP, e a própria ANAC			corrigida por um fator de penalização (EUROCONTROL) para refletir a distância real de voo
ANTT (2014) (55)	Rodoviário	Abordagem <i>Bottom-up</i> , Segunda Comunicação Nacional (MCT, 2010)	Vendas Anuário ANFAVEA (2013); motocicletas ABRACICLO, 2013	Segunda Comunicação Nacional (MCT)	Dados do Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Carga (RNTRC) e pesquisas da CNT	Balanco Energético Nacional (BEN/EPE) e dados da ANP.	km/l local: IBTS/CETESB (2019); eficiência: EPE (2019), Rota 2030.	Intensidade de uso (km/ano) baseada em pesquisas da CNT e ajustes pelo consumo do BEN
ANTT (2012) (37)	Ferroviário Carga	Tier 1 (IPCC, 2006)	-	FE referência IPCC (2006)	-	Relatórios de Acompanhamento das Concessões (ANTT); e BEN (EPE, 2011)	-	-
Gonçalves et al. (2019; 2022) (48,56)	Todos	TEMA - abordagens: (i) <i>Bottom-up</i> ; (ii) <i>Top-down</i> ; e (iii) ASIF	Licenciamentos: ANFAVEA (2018), ABRACICLO (2018); sucateamento: Gompertz/Logístico (Qian C Soopramanien, 2014)	Locais: IBTS (2019), CETESB (2019); Tier 2/3 IPCC; conteúdo C nacional (Brasil, 2016)	PE (2012/2018), IBTS (2019), NTC Logística (2018), NTU (2018); VKT CETESB (2019); pass./carga transportados	EPE (2018/2019, BEN); densidade/composição ANP; km/l: CETESB/IBTS (2019)	km/l local: IBTS/CETESB (2019); eficiência: EPE (2019), Rota 2030	VKT: CETESB (2019); rede efetiva; km/viagem CETESB

**Legenda:** ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis; OACI - Organização da Aviação Civil Internacional; DECEA - Departamento do Controle do Tráfego Aéreo; TEMA - *Transport-Energy-Emissions Multi-Tier Analysis*; ASIF - *Activity-Structure-Intensity-Fuel*; TFS - *Traffic by Flight Stage*; BEN - Balanço Energético Nacional; AIS - *Automatic Identification System*; IHS - *Information Handling Services*; BEU - Balanço de Energia Útil; APEI - *Air Pollutant Emission Inventory*; BIMTRA - Banco de Informações de Movimento de Tráfego Aéreo; LTO - *Landing and Take-Off*; PECO - Programa de Economia de Combustíveis; CC - Combustível Consumido; DEFRA - Departamento ambiental do governo do Reino Unido

# INVENTÁRIO DE EMISSÕES NACIONAL E CORPORATIVO

No modo rodoviário, por exemplo, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) utiliza uma metodologia híbrida, aplicando o *Tier 2* para as emissões de CO<sub>2</sub> e o *Tier 3* para gases não-CO<sub>2</sub>, o que permite uma análise mais refinada baseada na composição da frota e em curvas de sucateamento estimadas com dados da ANFAVEA e ABRACICLO<sup>5</sup>.

As sinergias metodológicas são evidentes na integração de dados de atividade e consumo. Enquanto o Balanço Energético Nacional (BEN), elaborado pela EPE, fornece a base histórica de consumo de combustível para validações *Top-Down*, estudos como os de Gonçalves et al. (2019; 2022) introduzem a análise multinível TEMA, que correlaciona a estrutura da frota, a intensidade energética e o combustível utilizado (ASIF), calibrando os resultados das emissões a partir do cálculo por meio da abordagem *Top-down*. Essa integração é crucial para garantir que as estimativas de atividade (distância percorrida e rendimento) sejam coerentes com os registros de vendas e a intensidade de uso dos veículos.

Existem, contudo, diferenças marcantes nos FE e nas fontes de dados entre os modos. No transporte aéreo, por exemplo, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e o MCTI, na Quarta comunicação, calculam as emissões de GEE utilizando nível de complexidade *Tier 3a*, por meio de dados detalhados de atividade, levantados do Banco de Informações de Movimento de Tráfego Aéreo (BIMTRA) para levantar dados de atividade, discriminando as emissões por etapas de voo, como o ciclo LTO e o uso de Unidades Auxiliares de Potência (APU), e FE emissão específicos fornecidos pela ANAC.

No entanto, a quarta comunicação calcula suas emissões por meio da abordagem *Top-down* para o modo aéreo doméstico a partir de dados de consumo de combustível do Balanço Energético Nacional, publicado pela EPE, em 2019, e FE disponível no inventário de emissões da ANAC, publicado em 2020. O resultado do cálculo das emissões de GEE pela abordagem *Top-down* é usado para calibração dos resultados das emissões GEE calculadas com um nível de complexidade *Tier 3a*. As emissões resultantes do cálculo pelas duas abordagens apresentaram diferenças. Isso ocorreu, devido a diferenças metodológicas, especificamente quanto a delimitação do escopo. Enquanto a ANAC utiliza dados de voos estritamente doméstico, a EPE considera dados de voos de frota que possui CNPJ no Brasil, independente se ele ocorreu em território brasileiro ou internacionalmente. Para manutenção da qualidade do resultado, foi necessário a realização de ajustes na metodologia para o cálculo das emissões de GEE da quarta comunicação (57).

Para o transporte ferroviário de carga, a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) adota a abordagem *Tier 1* do IPCC para cargas, baseando-se em fatores de emissão mais generalistas aplicados ao consumo total de combustível (37).

A similaridade nos dados reside no uso compartilhado de bases de dados utilizados na Quarta Comunicação da EPE e do então Ministério da Infraestrutura<sup>6</sup> (2020) para a calibração de modelos. Por outro lado, a principal diferença está na composição da frota: enquanto o setor rodoviário demanda um detalhamento exaustivo de tecnologias de controle de emissão (PROCONVE/PROMOT) e fatores de deterioração da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), o setor aquaviário e ferroviário ainda operam com dados mais agregados, embora estudos recentes busquem expandir essa visão para cenários prospectivos que considerem a evolução do rendimento energético e a mudança na matriz de combustíveis.

<sup>5</sup> ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores e ABRACICLO – Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares.

<sup>6</sup> Desde 2023 foi desmembrado em Ministério dos Transportes e Ministério de Portos e Aeroportos.

As metas baseadas na ciência (Science Based Targets - SBT) são metas de redução de emissões de GEE que podem ser usadas por empresas para definir o caminho de descarbonização das atividades e processos. O SBT é gerenciado pela Science Based Targets initiative (SBTi), que utiliza diferentes métodos para descarbonização, dependendo da atividade da empresa. As metas corporativas são alinhadas com NDCs, como as metas de países como o Brasil.

Diferentemente da elaboração do inventário, a definição e validação de metas de descarbonização baseadas na ciência competem à Science Based Targets initiative (SBTi). As empresas devem submeter seus planos à análise da SBTi e, após aprovação, monitorar e reportar anualmente o progresso de forma pública, detalhando as ações de mitigação implementadas (58). Essa conformidade metodológica pode permitir que organizações integrem o Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB), facilitando parcerias governamentais e o acesso a linhas de crédito verde (59).

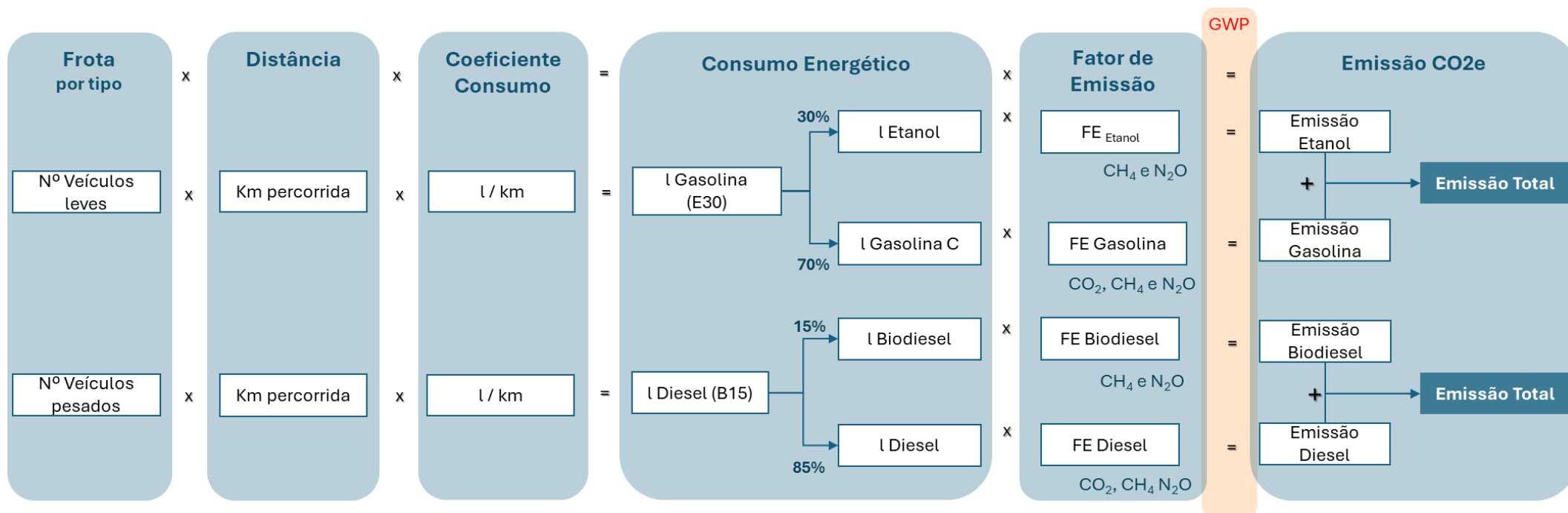
O protocolo do GHG Protocol adota uma abordagem *Bottom-up*, que prioriza a precisão ao utilizar dados primários da organização e fatores de emissão (FE) específicos local (9). O processo inicia-se pela definição dos limites organizacionais e operacionais, classificando as emissões em três escopos distintos:

O Escopo 1, refere-se a fontes controladas pela empresa. No setor de transportes, o cálculo do CO<sub>2</sub>e; segue frequentemente o **Tier 2**, que consiste no consumo de combustível pela frota, em volume (l), por tipo de veículo, considerando a mistura de biocombustíveis mandatórios, a densidade e o FE:

Deve-se considerar que há mistura de biocombustíveis ao combustível, como ocorre com o biodiesel ao diesel, com mistura atual de 15% (B15), e de etanol anidro à gasolina A, com mistura atual de 30% (E30) (Figura 7).

# INVENTÁRIO DE EMISSÕES NACIONAL E CORPORATIVO

Figura 7 – Cálculo das emissões considerando a mistura regulamentada de biocombustíveis aos combustíveis fósseis



Fonte: Elaboração própria com base em (9)

## EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO SETOR DE TRANSPORTES

Portanto, para o modo rodoviário, as emissões de CO<sub>2</sub>e não-CO<sub>2</sub>a partir do *Tier 1* são definidas pela multiplicação da soma dos combustíveis usados pelos fatores de emissão de cada tipo de combustível. No *Tier 2*, as emissões dos não-CO<sub>2</sub>são definidas pela multiplicação da soma dos combustíveis usados pelos fatores de emissão para cada tipo de combustível, veículo e tecnologia utilizada. Já as emissões dos não-CO<sub>2</sub>no *Tier 3*, as emissões são definidas pela multiplicação da soma das distâncias percorridas pelos fatores de emissão de cada tipo de combustível, veículo, tecnologia e condição operacional somado as emissões totais geradas.

Após esse cálculo, as emissões dos gases não-CO<sub>2</sub>devem equiparar os efeitos dos diferentes GEE, utilizando-se métricas que transformam cada um desses gases em gás carbônico equivalente (CO<sub>2</sub>e)), multiplicando-os por um fator de equivalência, o GWP.

O Escopo 2 abrange o consumo de eletricidade e calor adquirido. A quantificação deve utilizar fatores de emissão da rede local, como os fornecidos pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) para o Sistema Interligado Nacional (SIN).

O Escopo 3, inclui emissões *upstream* e *downstream*, como o transporte de cargas por terceiros. Para este escopo, admite-se uma abordagem híbrida, utilizando dados de atividade (km ou litros) ou dados financeiros (gasto econômico), devido ao acesso à dados primários de fornecedores serem muitas vezes limitado.

A seleção de FE obedece a uma hierarquia rigorosa: priorizam-se dados locais e específicos (ex: CETESB ou Ministério do Meio Ambiente (MMA) para o modal rodoviário); seguidos por fatores nacionais (MCTI/IPCC Tiers 2 e 3); e, por fim, padrões globais do IPCC. No cálculo de emissões não-CO<sub>2</sub>, aplica-se o Potencial de Aquecimento Global (GWP) com horizonte de 100 anos para converter os impactos em CO<sub>2</sub>e.

Para frotas, a modelagem pode ser refinada via ajuste por sucateamento, utilizando funções Gompertz ou Logística alimentadas por dados do DPVAT<sup>7</sup>, para definição do histórico da frota, permitindo uma estimativa real da frota circulante. A validação do inventário é frequentemente realizada por meio de uma calibração *top-down*, confrontando os dados de consumo reportados com as estatísticas nacionais de venda de combustíveis da ANP e os balanços da EPE, garantindo a integridade dos dados reportados anualmente (60).

Após cálculos, deve-se realizar monitoramento e verificação do alcance de metas, se definidas, por meio de reporte anual público, incluindo as emissões do ano base. Enquanto no mundo o principal responsável pelas emissões de GEE é o setor de energia, o Brasil tem um perfil de emissões bastante distinto, como observado na Figura 8. Em locais como China e Estados Unidos a queima de combustíveis fósseis para energia e mobilidade é o vetor predominante, a matriz de emissões brasileira é fortemente influenciada pelo setor de Uso da Terra e Florestas (AFOLU). Isso ocorre pois a matriz energética nacional possui cerca de 88% de fontes renováveis na geração elétrica, o que reduz a pressão relativa do setor de energia (47).

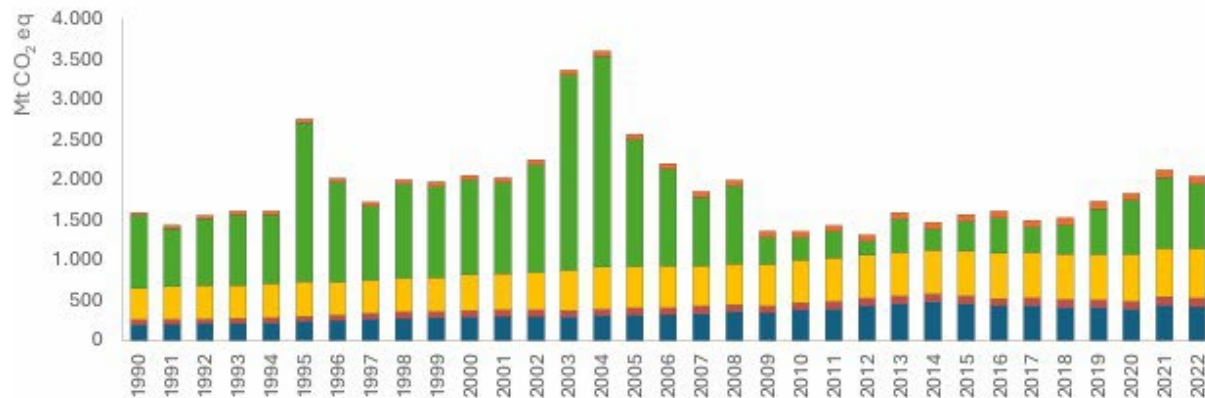
<sup>7</sup> DPVAT – Danos Pessoais por Veículos Automotores Terrestres.

# ESTRATÉGIAS PARA A REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE DO SETOR DE TRANSPORTES NO BRASIL

Figura 8 – Emissões líquidas de GEE por setor no Brasil

Emissões líquidas de GEE por setor no Brasil

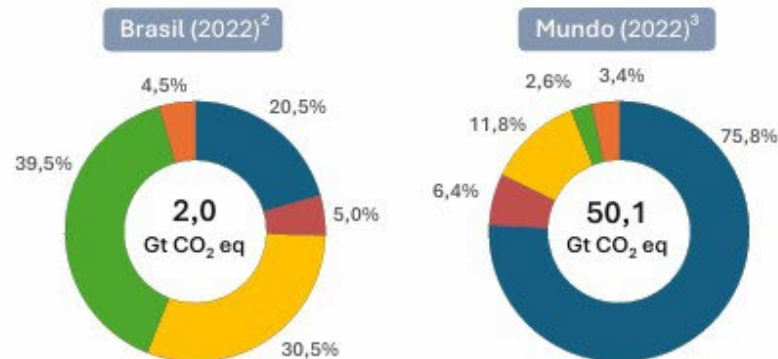
Fonte: MCTI/SIRENE<sup>2</sup>



Fonte: (47)

O setor de transportes é um dos principais causadores das emissões globais de GEE, com contribuição ainda maior se considerado em relação as emissões de CO<sub>2</sub> do setor de energia, das quais respondeu por 23% em 2019. Nesse contexto, o modo rodoviário foi responsável por 69% das emissões de GEE do total emitido pelo setor de transporte. No Brasil, dentro do escopo do setor energético, as emissões do transporte são ainda mais significativas que a média global, alcançando 50% em 2024 (47), conforme apresentado no gráfico da Figura 9.

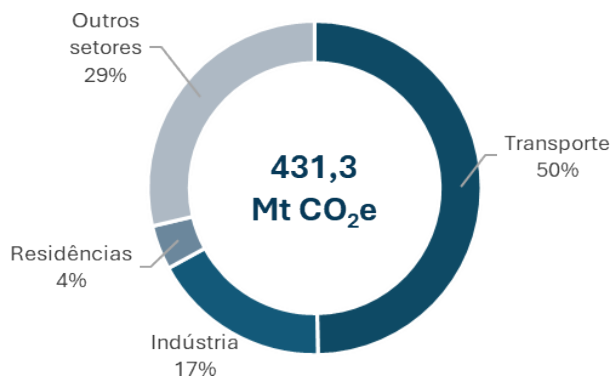
- Energia
- Processos industriais e uso de produtos (IPPU)
- Agropecuária
- Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)
- Resíduos



Contudo, o transporte permanece como um dos maiores desafios internos, tendo registrado recordes de emissão em 2023 devido à dependência de derivados de petróleo, sobretudo do diesel, evidenciando que a vantagem da matriz elétrica limpa não se traduz necessariamente em uma logística de baixo carbono (14,12). Entre 2024 e 2025, o consumo de óleo diesel cresceu cerca de 3% no volume consumido, apresentando tendência de aumento do seu consumo no setor de transporte de carga (61).

# ESTRATÉGIAS PARA A REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE DO SETOR DE TRANSPORTES NO BRASIL

**Figura 9 – Emissões de GEE, participação dos setores associados à matriz energética brasileira**



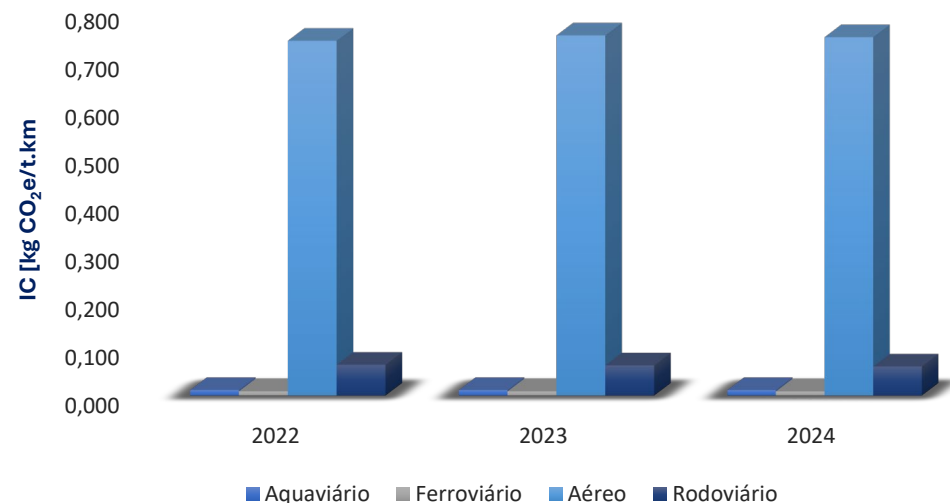
Fonte: Elaboração própria com base em (47)

O modo rodoviário é responsável por aproximadamente 85% das emissões totais do setor de transporte no país, conforme o Inventário Nacional de Emissões por Veículos Rodoviários (35). Essa concentração extrema reflete uma matriz logística desequilibrada, em que a queima de diesel e gasolina em veículos pesados e leves gera uma pegada de carbono desproporcional ao volume de carga transportada. Sendo assim, sem transferência modal, o crescimento do PIB logístico levará as emissões a um teto de 126 MtCO<sub>2</sub>e até 2030, comprometendo as metas da nova NDC brasileira submetida em 2024 (35,17).

A métrica da Intensidade de Carbono (IC) revela a diferença de eficiência entre os modos de transporte, sendo calculada em termos de emissão de GEE por tonelada-quilômetro (CO<sub>2</sub>/t.km) para cargas e por passageiro-quilômetro (CO<sub>2</sub>/pass.km) para o transporte de passageiros.

A Figura 10 apresenta a IC do transporte de carga, por modo, apontando para a baixa IC dos modos ferroviário e aquaviário em relação aos modos rodoviário e aéreo, justificando a transferência do fluxo da carga para esses modos menos carbono-intensivo, aumentando a participação deles e equilibrando a matriz de transporte de carga.

**Figura 10 – Gráfico da Intensidade de Carbono do transporte de carga, por modo**



Fonte: Elaboração própria com base em (56,51)

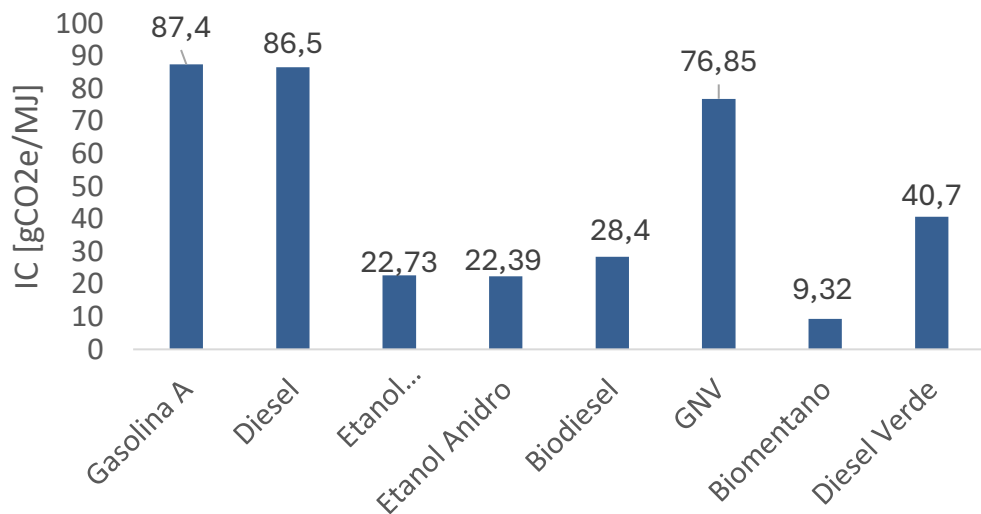
Ao se avaliar a IC das fontes de energia utilizada no transporte, tem-se uma métrica que permite avaliar a quantidade emitida por unidade de energia do combustível (CO<sub>2</sub>/MJ). O transporte aquaviário e o ferroviário são mais eficientes, emitindo até cinco vezes menos GEE por unidade de carga do que o rodoviário (10,62).

# ESTRATÉGIAS PARA A REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE DO SETOR DE TRANSPORTES NO BRASIL

No transporte de passageiros, o modo aéreo, apesar de avanços tecnológicos, permanece como o mais intensivo, exigindo uma transição urgente para combustíveis sustentáveis de aviação para mitigar o impacto climático das viagens de longa distância (10,38).

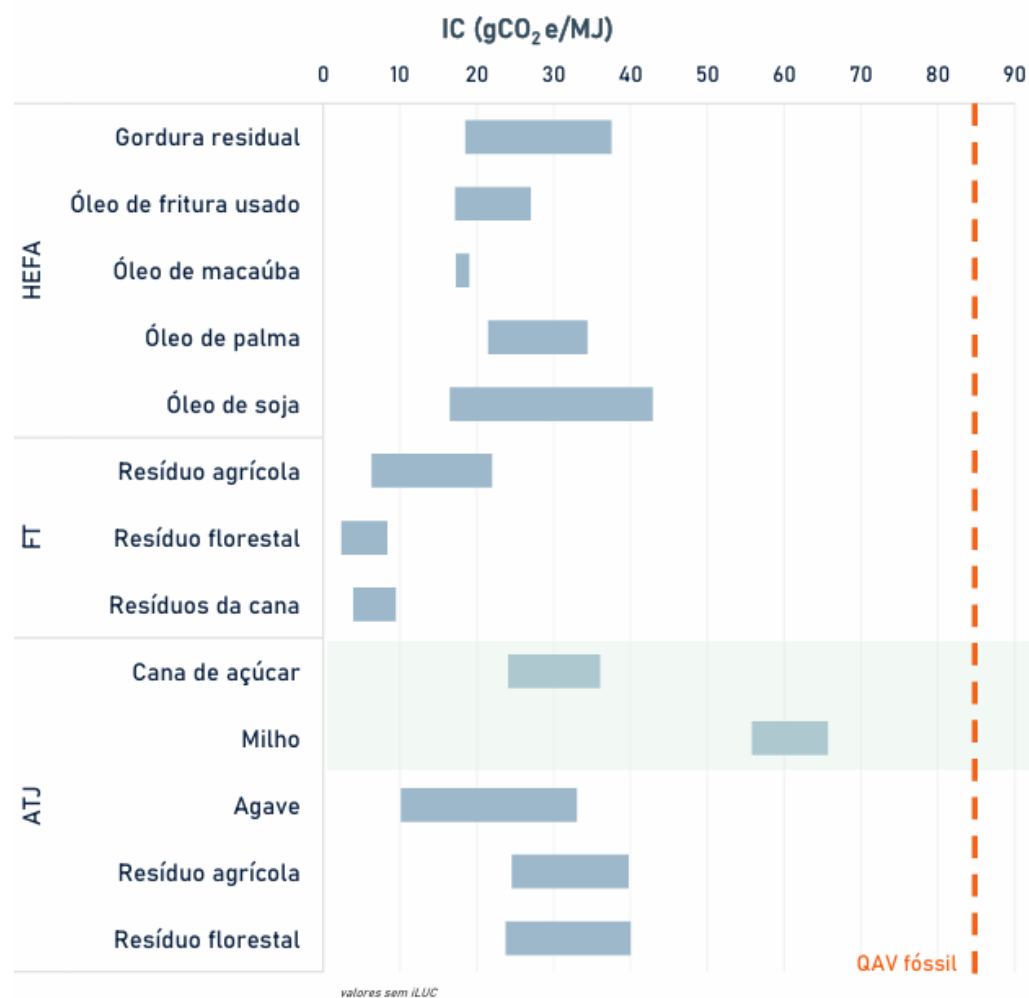
Para o modo rodoviário, de carga e passageiros, pode-se, então, considerar a IC energética dos tipos de combustíveis utilizados no modo rodoviário, conforme gráfico apresentado na Figura 11, e das alternativas de combustíveis sustentáveis de aviação na Figura 12.

**Figura 11 – Gráfico da Intensidade de Carbono dos combustíveis utilizados no modo rodoviário**



Fonte: Elaboração própria com base em (63,39)

**Figura 12 – Gráfico da Intensidade de Carbono dos combustíveis sustentáveis de aviação, por matéria-prima e rota de produção**



Fonte: Elaboração própria com base em (39)

# ESTRATÉGIAS PARA A REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE DO SETOR DE TRANSPORTES NO BRASIL

A mitigação busca a redução das emissões de GEE e, para isso, impõe a necessidade da adoção de novas tecnologias, uso de energias limpas e renováveis e mudanças no comportamento individual e coletivo. Por outro lado, há medidas que buscam reduzir a quantidade de CO<sub>2</sub> que já foi emitida para a atmosfera, denominado de ações de Remoção de Carbono ou Emissões Negativas. No entanto, apesar da sua importância nos cenários com metas mais ambiciosas, as tecnologias para a remoção de CO<sub>2</sub> diretamente da atmosfera ainda possui baixo grau de maturidade e prontidão. Outras ações de remoção como reflorestamento e recuperação de áreas degradadas já são empregadas como forma de compensação (63).

O IPCC aponta que o atendimento às metas climáticas exigiria mudanças transformadoras no setor de transporte, com as estratégias para a mitigação das emissões do setor como ponto central das discussões entre os países, tornando a transição energética para uma economia de baixo carbono eficaz (64).

O planejamento estratégico para a descarbonização da matriz de transportes no Brasil atingiu um novo patamar de institucionalidade com a submissão da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) atualizada em novembro de 2024. Este documento estabelece um paradigma de governança climática de longo prazo, operacionalizado pelo Plano Clima 2024-2035, que fixa metas setoriais mandatórias para as emissões líquidas de GEE no transporte regional (16).

A viabilização dessas metas exige a integração de dados de inventários nacionais, baseados em balanços energéticos (abordagem *Top-down*), com inventários corporativos e setoriais (abordagem *Bottom-up*), de modo a garantir a consistência dos resultados e evitar a dupla contagem (14).

Nesse contexto, o Plano Setorial de Transportes, sob coordenação do Ministério dos Transportes, estrutura-se em cinco pilares fundamentais, sendo o primeiro deles a Transferência Modal para aumento da Eficiência Energética. Dado que o transporte rodoviário responde por aproximadamente 85% das emissões do setor, a prioridade máxima é a transferência do transporte de carga para modos de menor IC (16).

A estratégia de transferência modal pode ser, portanto, decisiva para alinhar o Brasil ao Acordo de Paris, prevendo a transferência de fluxos de carga do modo rodoviário, menos eficiente energeticamente, para ferrovias e hidrovias, contribuindo para redução de emissões e para a redução de custos da cadeia de valor, reduzindo o preço dos bens e produtos. O Plano Clima estabelece metas ambiciosas, como a expansão do setor ferroviário para 38 bilhões de TKU até 2035 no corredor: FICO-FIOL (Ferrovia de Integração Oeste-Leste) e o aumento da participação da cabotagem para 18% da matriz até 2035 (36). Para viabilizar essa transição, o conceito de Corredores Verdes ganha relevância, integrando infraestrutura logística eficiente com terminais de transbordo que reduzam a ociosidade e o consumo energético em toda a cadeia de suprimentos (62).

As metas estabelecidas para o setor ferroviário visam o aumento de participação na matriz de transporte, buscando alcançar um volume de 31,5 bilhões de Toneladas-Quilômetro Úteis (TKU) até 2030 e 38 bilhões até 2035 (16). A eficácia desta migração deve ser associada à implementação de corredores logísticos multimodais e corredores verdes, em que a eficiência em portos secos e terminais de transbordo reduza a ruptura de carga e os custos operacionais (62).

# ESTRATÉGIAS PARA A REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE DO SETOR DE TRANSPORTES NO BRASIL

As políticas estratégicas para a redução de emissões no setor aquaviário brasileiro fundamentam-se num arcabouço normativo e técnico que visa alinhar o país às metas globais da Organização Marítima Internacional (IMO) e ao Acordo de Paris. Essa transição energética é estruturada por meio de programas de incentivo à eficiência logística, ao desenvolvimento de novos combustíveis e à cooperação internacional.

Assim, a Lei n.º 14.301/2022, conhecida como BR do Mar, e sua regulamentação via Decreto n.º 12.555/2025, buscam incentivar o transporte por cabotagem no Brasil, por meio da ampliação da participação na matriz de transportes, substituindo trajetos rodoviários de longa distância, resultando na redução das emissões de GEE por tonelada transportada. O plano de modernização do setor inclui cenários de oferta e demanda até 2035, integrando a cabotagem à infraestrutura ferroviária para otimização de custos e sustentabilidade. Além disso, prevê o afretamento de embarcações estrangeiras a casco nu, desde que haja suspensão provisória da bandeira, para navegação de cabotagem, permitindo disponibilidade de embarcações para o transporte de carga (65,66).

Além disso, no âmbito do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), o Subgrupo de Trabalho cinco (SubGT-05) formulou diretrizes para o desenvolvimento do mercado de combustíveis aquaviários sustentáveis, incentivando, no curto prazo, a mistura de 24% biodiesel no *bunker* (B24) (67,68). O RenovaBio estuda a inclusão desses combustíveis aquaviários sustentáveis na Política Nacional de Biocombustíveis (69).

Nesse contexto, a Petrobras iniciou testes de desempenho do B24 que abastecem embarcações fretadas pela Transpetro para o transporte marítimo. O biodiesel utilizado é produzido pela Petrobras Biocombustíveis (P BIO). Uma estimativa preliminar resultante dos testes aponta para um potencial de redução de cerca de 17% das emissões de GEE na utilização desse percentual de mistura, considerando o seu ciclo de vida (69).

Apesar da alta eficiência do modo aquaviário, a transição para combustíveis sustentáveis pode ter impactos econômicos e técnicos significativos. O Relatório do SubGT-05 sobre Combustíveis Aquaviários Sustentáveis publicado em abril de 2026, indica que a adoção de metanol verde, amônia e diesel verde exige investimentos altos para a adaptação ou aquisição de novas embarcações (CAPEX). Além disso, os custos operacionais e de manutenção (OPEX) tendem a ser mais elevados no curto prazo devido ao custo de produção desses combustíveis em comparação ao *bunker* fóssil, o que demandaria políticas de incentivo e a criação de *hubs* de abastecimento estrategicamente localizados em portos brasileiros (70,68). Além disso, também pode ser utilizado o etanol em embarcações de grande porte com motores a metanol (62,68).

Os cenários futuros projetados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e pelo Ministério dos Transportes detalham a demanda de energia necessária para o cumprimento das metas climáticas. A Lei do Combustível do Futuro (Lei n.º 14.993/2024) é o instrumento legal que garante essa trajetória.

Nesse contexto, o segundo pilar estratégico do Plano Clima busca a consolidação dos Biocombustíveis Avançados, amparado pela Lei do Combustível do Futuro (Lei n.º 14.993/2024). Esta legislação institui mandatos progressivos de mistura, prevendo uma mistura de biodiesel ao diesel, no modo rodoviário, de 20% (B20) em 2030 e 25% (B25) em 2035 (71).

# ESTRATÉGIAS PARA A REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE DO SETOR DE TRANSPORTES NO BRASIL

O Inventário da ANAC (38), publicado em 2024, adota metodologias de nível *Tier 3*, diferenciando as emissões no Ciclo LTO (pouso e decolagem) e na fase de cruzeiro, em que ocorre a maior parte do consumo de querosene de aviação (QAV). Assim, no Plano Clima é estabelecida meta de introdução de Combustível Sustentável de Aviação (SAF) em 3% até 2030 e em 8% até 2035 (36).

No âmbito das operações internacionais, o transporte aéreo e o aquaviário de longo curso apresentam desafios específicos de monitoramento e regulação, com metas de emissões zero até 2050 para ambos os setores. Por se tratar de modos de difícil descarbonização, o uso de biocombustíveis sustentáveis de navegação e de aviação são fundamentais para a descarbonização do setor em médio e longo prazos (72,43).

Paralelamente, o terceiro pilar aborda a Eletrificação de Frotas Pesadas, com a projeção de que veículos médios e pesados elétricos componham entre 6% e 11% da frota nacional até 2035 (16). Tal transformação requer investimentos massivos em infraestrutura de recarga em rodovias concedidas e em Pesquisa e Desenvolvimento (PCD) para baterias.

Para veículos de carga, a eletrificação deve avançar em nichos, como a entrega em última milha realizada por comerciais leves e caminhões leves, e os ônibus urbanos. Para caminhões semipesados e pesados, ainda que haja incentivos, deve haver baixa eletrificação da frota até 2030, que pode ser intensificada até 2050 (36). Sendo assim, o Plano de Ação Climática estabelece como ação impactante, além da mistura de biodiesel, a mistura de diesel verde ao diesel fóssil em 2% até 2030 e de 3% até 2035. Ainda, prevê como ação estruturante o incentivo à eletrificação e ao uso biocombustíveis, de gás natural e biogás por meio da implementação de rede de abastecimento (36).

Nesse contexto, a iniciativa de implantação de um corredor verde entre Rio de Janeiro e São Paulo, na Dutra, para incentivo à eletrificação do transporte de carga pelo modo rodoviário emerge como medida pioneira no Brasil para viabilizar a eletrificação desse modo de difícil descarbonização (73).

O quarto pilar, focado em melhorar a qualidade dos pavimentos das rodovias de modo a reduzir o consumo de combustíveis ao reduzir as frenagens, visando aumentar em 5% da extensão de rodovias sob gestão do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e em 10% até 2035 (Plano Clima, 2024). As condições das vias são monitoradas por meio do Índice da Condição da Superfície (ICS), pelo DNIT. As rodovias federais concedidas têm a sua qualidade monitorada pelo Índice de Desempenho do Pavimento em Rodovias Concedidas (IDPAV), com meta de aumento do índice em 5% até 2030 e manutenção desse índice até 2035 (36).

Por fim, o quinto pilar de Governança assegura a integridade do processo via integração ao Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE) e ao Quadro de Transparência Reforçada (ETF) do Acordo de Paris (Plano Clima, 2024). Ainda, o sistema de MRV, quando digitalizado, permite o rastreamento real das emissões por veículo e conecta dados operacionais das concessionárias aos inventários nacionais, sendo vital para a validação das reduções reportadas (10).

Ao se estabelecer estratégias multifacetadas, que prevê a descarbonização do setor de transporte, alinha as vantagens competitivas do Brasil quanto à sua matriz energética majoritariamente renovável e seu histórico de produção de biocombustíveis à trajetória de neutralidade climática até 2050, assegurando que o crescimento logístico ocorra de forma descolada do aumento das emissões atmosféricas (74,17).

Portanto, os modelos prospectivos indicam que a descarbonização não será atingida por meio de ações e medidas de mitigação com diversas frentes, seja pela combinação de eletrificação de frotas, uso massivo de biocombustíveis ou aumento da eficiência logística (14,36).

# ESTRATÉGIAS PARA A REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE DO SETOR DE TRANSPORTES NO BRASIL

Ano	Marco Principal	Modo de transporte/Tipo	Descrição
2002	Proálcool revitalizado	Rodoviário (Leve)	Início etanol hidratado; frota flexível-fuel, busca reduzir cerca de 20% emissões gasolina até 2010
2003	Início mandato biodiesel (B2)	Rodoviário (Pesado)	Início da mistura obrigatória de biodiesel no diesel; base descarbonização frotas pesadas
2005	Inventário Nacional GEE (ano-base NDC)	Metas	Emissões transportes; ano de referência NDC
2008	Proconve P7 (Euro 5)	Rodoviário (Leve)	Redução 80% CO, HC, NOx e relação ao P6; eficiência veicular
2009	PNMC (Lei 12.187)	Todos	Política Nacional inclui eficiência transportes e modos de transporte sustentáveis
2012	Resolução ANTAQ nº 2.650	Aquaviário	Instituiu o Índice de Desempenho Ambiental (IDA) de instalações portuárias
2014	Proconve P8 (Pesados, Euro 6)	Rodoviário (Pesado)	Fase-in 2017-2022; redução NOx/MP pesados.
2015	iNDC + COP 21 Acordo de Paris	Metas	Compromisso redução das emissões de GEE por países membros
2017	Lei 13.576 RenovaBio	Rodoviário	Emissão de créditos de descarbonização (CBIO); Ferramenta de cálculo de emissões considerando todo ciclo de vida (RenovaCalc); meta 10% redução IC combustíveis até 2028
2020	NDC 2020	Metas	Modificação das metas
2021	Resolução CNPE 07: Combustível do Futuro	Combustível (SAF/Diesel Verde)	Instituiu o Programa Combustível do Futuro, criado para aumentar o uso de combustíveis sustentáveis e descarbonizar a matriz de transportes. O Programa evoluiu para a Lei do Combustível do Futuro
2021	Lei 14.273 Novo Marco Ferroviário	Ferroviário	Expansão de ferrovia e transporte de cargas
2022	Lei nº 14.301	Aquaviário	(BR do Mar) Institui o Programa de Estímulo ao Transporte por Cabotagem, incentivando a ampliação da frota.
2022	PAC Mobilidade e Logística	Investimentos	Investimento em mobilidade e logística; hidrovias, portos verdes, corredores logísticos
2023	SBCE (Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões)	Mercado Regulado de Carbono Nacional	Mercado carbono; precificação GEE transportes (previsão: operacional a partir de 2026)
ago/24	LEI nº 14.948	Combustível	Instituiu Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono.
out/24	Lei 14.993: Combustível do Futuro	Combustível	Incentivar a ampliação do uso de biocombustíveis na matriz energética do setor de transportes, por meio da integração de Políticas Públicas, como RenovaBio, MOVER, PBEV, PROCONVE.
2024	Inventário Nacional Emissões Transportes	Todos	Base monitoramento NDC
2024	Atualização NDC 2024	Todos	Atualização das metas da NDC para 2030 e definição de metas para 2035
2024	Revisão do IDA	Aquaviário	Consolidação do Índice de Desempenho Ambiental (IDA) com 38 indicadores para monitoramento sistêmico
2025	Mandato E30/B15	Rodoviário (Leve/Pesado)	Mistura mais recente: Etanol 30% (gasolina, Ago/2025); Biodiesel 15% (diesel, Ago/2025).
out/25	Decreto nº 12.705 Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB)	Todos	Institui um sistema de classificação para identificar definir atividades econômicas, projetos e ativos sustentáveis
nov/25	MPOR Portaria nº 736	Aquaviário	Programa Nacional de Descarbonização de Portos (PND-Portos)
2025	COP30	Metas	Avanços NDC; Investimentos em descarbonização do modo rodoviário; avanços em Corredores Verdes Marítimos e uso de etanol, biodiesel B24, HVO, metanol verde, bio-GNL, amônia e hidrogênio verde, dentre outras iniciativas
2025	Iniciativa de Corredor Logístico Verde	Rodoviário	Planejamento de Corredor Logístico Verde Dutra, entre Rio de Janeiro e São Paulo, buscando fornecer infraestrutura de recarga para caminhões elétricos
2026	Plano Clima	Metas	Apresenta medidas e define metas e diretrizes para orientar a redução das emissões de GEE e fortalecer a transição do país para uma economia com emissões líquidas zero
2026	Programa Combustível Sustentável de Navegação	Aquaviário	Relatório Final SubGT 05

Fonte: Elaboração própria com base em (75,71,17,76,25,77,78,79,80,81,82,83,84,85,74,86,87,16,88,89,90)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

A análise desenvolvida ao longo deste Boletim evidencia que a descarbonização do setor de transportes no Brasil não depende de uma solução única, mas de um conjunto articulado de estratégias que consistem em inovação tecnológica, a substituição de combustíveis fósseis e, fundamentalmente, a reestruturação da matriz de transportes de carga para modos mais eficientes. O objetivo de alinhar o setor às metas de neutralidade climática até 2050 exige que o esforço de redução de emissões transcenda às iniciativas isoladas, consolidando-se em políticas de Estado e compromissos corporativos.

Desta forma, a transferência modal apresenta-se como estratégica relevante para esse processo de redução de emissões do setor. Como observado, o setor ferroviário e o aquaviário apresentam uma eficiência energética superior por unidade de carga transportada (TKU) em comparação ao modo rodoviário. Dessa forma, a transferência modal apresenta-se como medida estratégica para esse processo, já que os modos ferroviário e aquaviário possuem maior eficiência energética por unidade de carga transportada (TKU) em comparação ao modo rodoviário. As metas estabelecidas pelo Plano Clima, que preveem o incremento da participação ferroviária e aquaviária até 2035, são indispensáveis para reduzir a intensidade de carbono nacional e otimizar a logística, permitindo que o país alcance suas NDCs com maior custo-efetividade.

Complementarmente, o alcance dessas metas está associado à melhoria da infraestrutura existente, como a qualificação do pavimento rodoviário para redução do consumo energético, relevante no contexto do transporte rodoviário dependente do diesel.

A precisão no monitoramento desses avanços está ligada à maturidade das metodologias de inventário. A existência de diferentes níveis (*Tiers* 1,2 e 3), estabelecidos na metodologia do IPCC 2006 e abordagens *Bottom-up* e *Top-down* permitem o uso de dados com diferentes níveis de complexidade, desde estatísticas de vendas de combustíveis até análises de ciclo de vida (*well-to-wheels*) para estimar as emissões de GEE do setor de transporte.

Isso permite que tanto o governo quanto o setor privado identifiquem com clareza seus principais emissores, direcionando esforços e recursos de forma estratégica para a descarbonização. Essa base técnica é o que sustenta o sistema de Mensuração, Relato e Verificação (MRV), garantindo que os dados reportados sejam transparentes, auditáveis e comparáveis internacionalmente.

As políticas brasileiras, como o Programa Combustível do Futuro, o ProBioQAv e o incentivo ao uso de combustíveis sustentáveis na navegação e aviação, sinalizam uma trajetória clara de transição. Contudo, a efetividade dessas estratégias depende da integração também de corporativos, no qual o reporte preciso do Escopo 1 de transportadores retroalimenta o Escopo 3 de embarcadores, superando barreiras no mapeamento e contabilização das emissões de GEE de toda cadeia de valor. Assim, a descarbonização logística atua como vetor de eficiência energética e resiliência climática, posicionando o Brasil de forma estratégica e competitiva no cenário internacional.

## REFERÊNCIAS

---

- [1] FILONCHYK, M. et al. Greenhouse gases emissions and global climate change: Examining the influence of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O. **Science of The Total Environment**, v. 935, p. 173359, jul. 2024.
- [2] IEA. **Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector**. [s.l.: s.n.].
- [3] GONÇALVES, D. N. S. et al. Energy use and emissions scenarios for transport to gauge progress toward national commitments. **Energy Policy**, v. 135, n. July, p. 110997, 2019.
- [4] IEA. **Global EV Outlook 2021**.
- [5] EPE. **Balanço Energético Nacional - Ano base 2022**: BEN. Brasília, DF: Empresa de Pesquisa Energética, 2023. Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-681/BEN\\_S%C3%ADntese\\_2023\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-681/BEN_S%C3%ADntese_2023_PT.pdf)>. Acesso em: 30 jun. 2023.
- [6] MCTI. **Quarta Comunicação Nacional do Brasil à UNFCCC**. [s.l.] Brasil, 2020. Disponível em: <[https://www.gov.br/mcti/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes-mcti/quarta-comunicacao-nacional-do-brasil-a-unfccc/sumario\\_executivo\\_4cn\\_brasil\\_web.pdf](https://www.gov.br/mcti/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes-mcti/quarta-comunicacao-nacional-do-brasil-a-unfccc/sumario_executivo_4cn_brasil_web.pdf)>. Acesso em: 30 jun. 2023.
- [7] IPCC. Chapter 1. Introduction to National GHG Inventories. Em: **2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 1: General Guidance and Reporting**. [s.l.] Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019.
- [8] WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **WMO confirms 2025 was one of warmest years on record**. Disponível em: <<https://wmo.int/news/media-centre/wmo-confirms-2025-was-one-of-warmest-years-record>>. Acesso em: 6 abr. 2026.
- [9] ASSIS, T. F. DE. **Guia para inventário de emissões gases de efeito estufa nas atividades logísticas**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Transporte Sustentável - IBTS, 2020.
- [10] GOES, G. V. **Desagregação espacial de inventários de energia e emissões atmosféricas do setor de transportes com vista à Mensuração, Relato e Verificação**. Doutorado—Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes, 2023.
- [11] GE, M.; FRIEDRICH, J.; VIGNA, L. **4 gráficos para entender as emissões de gases de efeito estufa por país e por setor**. [s.l.] World Resources Institute (WRI), 28 fev. 2020. Disponível em: <<https://www.wribrasil.org.br/noticias/4-graficos-para-entender-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-por-pais-e-por-setor>>. Acesso em: 9 abr. 2026.
- [12] OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Panorama da Emissões Brasileiras em 2024**. Disponível em: <<https://seeg.eco.br/>>. Acesso em: 12 jan. 2026.
- [13] BRASIL. **Marina anuncia na ONU correção da meta climática brasileira**. Governamental. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/marina-anuncia-na-onu-correcao-da-meta-climatica-brasileira>>. Acesso em: 16 nov. 2023.
- [14] EPE. **Desmistificando Inventários Nacionais e Inventários Corporativos: Relações entre NDC brasileira e o licenciamento prévio de termelétricas**. [s.l.] Empresa de Pesquisa Energética, 2023. Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-793/Invent%C3%A1rios%20de%20emiss%C3%B5es\\_GEE.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-793/Invent%C3%A1rios%20de%20emiss%C3%B5es_GEE.pdf)>. Acesso em: 3 abr. 2026.

## REFERÊNCIAS

---

- [15] BRASIL. **“Nova NDC do Brasil representa paradigma para o desenvolvimento do país”, diz Marina na COP29**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/noticias/nova-ndc-do-brasil-representa-paradigma-para-o-desenvolvimento-do-pais-diz-marina-na-cop29>>. Acesso em: 19 abr. 2026.
- [16] MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA; MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO; CASA CIVIL DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **PLANO CLIMA 2024 – 2035 Sumário Executivo**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2026.
- [17] BRASIL. **A NDC DO BRASIL: Determinação nacional em contribuir e transformar - Visão para 2035**. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/noticias/brasil-entrega-a-onu-nova-ndc-alinhada-ao-acordo-de-paris/ndc-versao-em-portugues.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2026
- [18] GLOBAL REPORTING INITIATIVE (GRI). **Engaging Business in The NDCs: Policy Recommendations on the Role of the Private Sector and Reporting | NDC Partnership**. Disponível em: <<https://ndcpartnership.org/knowledge-portal/climate-toolbox/engaging-business-ndcs-policy-recommendations-role-private-sector-and-reporting>>. Acesso em: 14 abr. 2026.
- [19] GLOBAL REPORTING INITIATIVE (GRI); CARBON DISCLOSURE PROJECT (CDP). **Engaging Business in the NDCs: Policy Recommendations on the role of the private sector and reporting**. Disponível em: <<https://www.globalreporting.org/media/xahmzhk1/ndcs-policy-062019-cdp.pdf>>. Acesso em: 6 abr. 2026.
- [20] BRASIL. **Aviação: Governo Federal atualiza plano para redução da emissão de CO<sub>2</sub>**. Disponível em: <<https://www.gov.br/portos-e-aeroportos/pt-br/assuntos/noticias/2025/04/aviacao-governo-federal-atualiza-plano-para-reducao-da-emissao-de-co2>>. Acesso em: 22 jan. 2026.
- [21] FGV. **Webinar: Os avanços das políticas públicas para descarbonização da matriz de combustíveis**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=kPTxnAOmiKk>>. Acesso em: 19 jul. 2023.
- [22] ICAO. **Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSA)**. Disponível em: <<https://www.icao.int/CORSA>>. Acesso em: 22 jan. 2026.
- [23] ICAO. **Climate Change**. Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/climate-change>>. Acesso em: 26 jan. 2026.
- [24] ICAO. **Skyward Action: Realizing Aviation’s Sustainable Future: 2025 ICAO Environmental Report**. [s.l.] International Civil Aviation Organization, 2025. Disponível em: <<https://www.icao.int/sites/default/files/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2025/Final-ENV-REPORT.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2026.
- [25] BRASIL. **Relatório do Inventário Nacional das Emissões Antrópicas por Fontes e das Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa do Brasil: Primeiro Relatório Bienal de Transparência à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima: Relatório do Inventário Nacional I 1990-2022**. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2024. Disponível em: <[https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-bienais-de-transparencia-btrs/Relatorio\\_delinventario\\_NacionalNIR\\_2024\\_PORT.pdf](https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-bienais-de-transparencia-btrs/Relatorio_delinventario_NacionalNIR_2024_PORT.pdf)>.
- [26] IPCC. **Overview of the IPCC Guidelines: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. [s.l.] Intergovernmental Panel On Climate Change, 1996. Disponível em: <<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/overref.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2026.

## REFERÊNCIAS

- [27] LIU, N. et al. Road life-cycle carbon dioxide emissions and emission reduction technologies: A review. **Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)**, v. 9, n. 4, p. 532–555, ago. 2022.
- [28] GOES, G. V. et al. MRV framework and prospective scenarios to monitor and ratchet up Brazilian transport mitigation targets. **Climatic Change**, v. 162, n. 4, p. 2197–2217, out. 2020.
- [29] FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS - FGV. **Programa Brasileiro GHG Protocol**. Disponível em: <<https://eaesp.fgv.br/centros/centro-estudos-sustentabilidade/projetos/programa-brasileiro-ghg-protocol>>. Acesso em: 20 abr. 2026.
- [30] FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS - FGV. **Guia para a contabilização das emissões de GEE organizacionais associadas à Categoria 3 do Escopo 3 - Atividades relacionadas com combustível e energia não incluídas nos Escopos 1 e 2: versão 1.0**. São Paulo, SP, 2026. Disponível em: <[https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/u1087/nota\\_tecnica\\_categoria\\_3\\_escopo\\_3\\_-\\_emissoes\\_upstream\\_de\\_energia.pdf](https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/u1087/nota_tecnica_categoria_3_escopo_3_-_emissoes_upstream_de_energia.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2026
- [31] IPCC. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Disponível em: <<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>>. Acesso em: 19 abr. 2026.
- [32] GONÇALVES, D. N. S. **Development of Prospective Scenarios for Energy Use and Greenhouse Gas Emissions in The Brazilian Transport Sector - a Multi-Tier Approach**. Tese Doutorado—Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2022.
- [33] GIZ; UNFCCC; CCAP. **Compendium on Greenhouse Gas Baselines and Monitoring: Passenger and Freight Transport** (UNFCCC, Ed.). [s.l.] Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH; Center for Cleaner Air Policy; The International Council on Clean Transportation; INFRAS; United Nations Framework Convention on Climate Change, 2018. Disponível em: <[https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Transport\\_0.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Transport_0.pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2026.
- [34] OBSERVATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE EM LOGÍSTICA - OSML. **Momento de Transporte**. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojODhiYmMyNGltMTNkMi00N2I2LTgxYWMtMjA0MjE3NmZiNTNjIiwidCI6IjFiNDcwMzAxLTM3ZTctNGlyMy04NGY1LWY3ODcyODIyNDFiNyJ9>>. Acesso em: 12 jan. 2026.
- [35] IEEMA. **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários. Ano-base 2024**. [s.l.] Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2025. Disponível em: <<https://energiaeambiente.org.br/produto/inventario-nacional-de-emissoes-atmosfericas-por-veiculos-automotores-rodoviarios>>.
- [36] MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. **Plano Clima Mitigação: Plano Setorial de Transportes**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2026.
- [37] ANTT. **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas do Transporte Ferroviário de Cargas**. , 2012. Disponível em: <[https://energiaeambiente.org.br/wp-content/uploads/2012/01/inventario\\_ferrovuario02.pdf](https://energiaeambiente.org.br/wp-content/uploads/2012/01/inventario_ferrovuario02.pdf)>
- [38] ANAC. **Inventário de Emissões: Metodologia Tier 1**. Disponível em: <<https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/inventario-de-emissoes-metodologia-tier-1>>. Acesso em: 6 abr. 2026.

## REFERÊNCIAS

---

- [39] EPE. **Combustíveis Sustentáveis de Aviação no Brasil - Perspectivas Futuras**. Ministério de Minas e Energia, , 2024.
- [40] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Aviation: CO2 emissions in aviation in the Net Zero Scenario, 2000-2030**. Disponível em: <<https://www.iea.org/energy-system/transport/aviation>>. Acesso em: 20 jan. 2026.
- [41] IATA. **Net-Zero Carbon Emissions by 2050**. Disponível em: <<https://www.iata.org/en/pressroom/pressroom-archive/2021-releases/2021-10-04-03/>>. Acesso em: 21 set. 2024.
- [42] ANTAQ. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Setor Aquaviário**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/antag/pt-br/assuntos/sustentabilidade/inventario-de-gases-de-efeito-estufa-gee-do-setor-aquaviario>>.
- [43] EPE. **Descarbonização do Transporte Aquaviário**. [s.l.] Empresa de Pesquisa Energética, 2025. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/epe-publica-nota-tecnica-sobre-descarbonizacao-do-transporte-aquaviario>>.
- [44] IMO. **Fourth IMO GHG Study 2020**. [s.l.] International Maritime Organization, 2021. Disponível em: <<https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Fourth%20IMO%20GHG%20Study%202020%20-%20Full%20report%20and%20annexes.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2026.
- [45] AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA - IEA. **International Shipping**. Disponível em: <<https://www.iea.org/energy-system/transport>>. Acesso em: 5 jan. 2026.
- [46] IMO. **2023 IMO strategy on reduction of GHG emissions from ships**. , jul. 2023. Disponível em: <<https://www.imo.org/en/ourwork/environment/pages/2023-imo-strategy-on-reduction-of-ghg-emissions-from-ships.aspx>>. Acesso em: 8 out. 2025
- [47] EPE. **Balanco Energético Nacional - Relatório Síntese 2025 (Ano base 2024)**. Brasília, DF: Empresa de Pesquisa Energética, 2025. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2025>>.
- [48] GONÇALVES, D. N. S. et al. Energy use and emissions scenarios for transport to gauge progress toward national commitments. **Energy Policy**, v. 135, p. 110997, dez. 2019.
- [49] GOES, G. V. et al. Transport-energy-environment modeling and investment requirements from Brazilian commitments. **Renewable Energy**, v. 157, p. 303–311, set. 2020.
- [50] EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (ED.). **EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016: technical guidance to prepare national emission inventories**. Luxembourg: Publications Office, 2016.
- [51] OSML. **Emissões e Intensidade de Carbono do Setor de Transporte**. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNTg1YWJjYjAtMTY4OS00M2ViLTg3MMDmOTVmZWYyODg5MmYzliwidCI6IjFINDcwMzAxLTM3ZTctNGlyMy04NGY1LWY3ODcyODiYNDiNyJ9>>. Acesso em: 12 mar. 2026.



## REFERÊNCIAS

2FOg5yVVnrIAw44BCdJ7Oojckb6T8NdK4gl2xBy1OBvNH8ZfJixNhB2qtXFEiAi8Z514T%2Fn2zXNvwITszvbZdoF15vJ3Ze6YxccyQu49sp7mfiroovTUCL3N8e6NIUW3oYKog747GYtcn4fXQd3z0t2Zq1MC38fBpRwYcZXD52y38oLHM%2BNWjSjeSc67r4gCW4XIOqfgoRjyFeF0CUMXB10isTFrts%2FKcxKj%2BuuW%2BUJp0uGOuSiqh8kYASRrft3PGvNMVNMImQ8YaMZdNdBLGIUgELTxw4S3nnibryxWmHQLRVs%2FkdCMzzMljBqM8GOpCBFBvxrzRPuo0dLR71kjnTy6QHVD42SdNV61anmUapOL5PTV9G471Usa4RPzKFHAKfnvIPccNmc2KtaKJPxfryxjwn3NnJftWj43fuZtGhpTdgYU5K4xk5sng%2B%2FcMyJKtyt6LVfOIKnE4IBfY97P5QC5wfPCsiZ7sjCzIE3Oof5czqaEZO6NxQJF8YSVgJxPSI%2BWA PrAVRCQ%3D%3D&Expires=1776952935>. Acesso em: 23 abr. 2026

[61] INFRA SA. **Panorama Transportes: Dezembro de 2025**. Brasília, DF: INFRA SA - Observatório Nacional de Transporte e Logística - ONTL, dez. 2025. Disponível em: <<https://ontl.infrasa.gov.br/publicacoes-tecnicas/>>.

[62] INFRA SA. **Transição Energética no Setor de Transportes: Modo Aquaviário**: Boletim de Logística. Brasília, DF: Observatório Nacional de Transporte e Logística e INFRA SA, 2026. Disponível em: <<https://ontl.infrasa.gov.br/publicacoes-tecnicas/>>. Acesso em: 1 fev. 2026.

[63] IPCC. **Special Report: Global Warming of 1.5 °C**. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/chapter-1/>>. Acesso em: 7 abr. 2026.

[64] EPE. **Descarbonização do Setor de Transporte Rodoviário Intensidade de carbono das fontes de energia**. (Ministério de Minas e Energia, Ed.) Brasília, DF, jun. 2025. Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-708/topico-770/NT-EPE-DPG-SDB-2025-03\\_Intensidade\\_de\\_Carbono\\_Transporte\\_Rodovi%C3%A1rio.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-708/topico-770/NT-EPE-DPG-SDB-2025-03_Intensidade_de_Carbono_Transporte_Rodovi%C3%A1rio.pdf)>. Acesso em: 22 fev. 2026

[65] BRASIL. **Lei nº 14.301**. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2022/lei/l14301.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/l14301.htm)>. Acesso em: 23 abr. 2026.

[66] INFRA, A. **BR do Mar: MPor propõe regras para navios sustentáveis na cabotagem. Agência INFRA**, 13 nov. 2025. Disponível em: <<https://agenciainfra.com/blog/br-do-mar-mpor-propoe-regras-para-navios-sustentaveis-na-cabotagem/>>. Acesso em: 21 dez. 2025

[67] ANP. **ANP autoriza comercialização de combustível marítimo com biodiesel**. Disponível em: <[https://www.gov.br/anp/pt-br/canais\\_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/anp-autoriza-comercializacao-de-combustivel-maritimo-com-biodiesel](https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/anp-autoriza-comercializacao-de-combustivel-maritimo-com-biodiesel)>. Acesso em: 22 dez. 2025.

[68] BRASIL. **Relatório do grupo de Trabalho da resolução CNPE 10/2024: Combustível Aquaviário Sustentável**. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, mar. 2026. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/gt-rcnpe-10-2024/relatorios-finais/RelatriofinalSubGT05CombustivelAquavirioSustentvel.pdf/view>>.

[69] EPBR. **Petrobras testa combustível marítimo com 24% de biodiesel**. Disponível em: <<https://epbr.com.br/petrobras-testa-combustivel-maritimo-com-24-de-biodiesel/>>. Acesso em: 25 ago. 2023.

[70] MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **RESOLUÇÃO CNPE Nº 10, DE 26 DE AGOSTO DE 2024**. Conselho Nacional de Política Energética, , 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2024/resol-10-in.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2024

[71] BRASIL. **Combustível do Futuro**. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/combustivel-do-futuro>>. Acesso em: 18 ago. 2023.

## REFERÊNCIAS

---

- [72] EPE. **Combustíveis Sustentáveis de Aviação no Brasil e Sinergia com diesel Verde**. Brasília, DF: Empresa de Pesquisa Energética e Ministério de Minas e Energia, nov. 2025. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/combustiveis-sustentaveis-de-aviacao-no-brasil-e-sinergia-com-o-diesel-verde>>.
- [73] INFRA SA. **Boletim de Logística: Corredores Verdes**. Brasília, DF: INFRA SA - Observatório Nacional de Transporte e Logística - ONTL, 2026. Disponível em: <<https://ontl.infrasa.gov.br/publicacoes-tecnicas/>>.
- [74] ITDP BRASIL. **Recomendações para reduzir as emissões do setor de transporte no Brasil. ITDP Brasil**, 25 nov. 2024. Disponível em: <<https://itdpbrasil.org/recomendacoes-para-reduzir-as-emissoes-do-setor-de-transporte-no-brasil/>>. Acesso em: 23 abr. 2026
- [75] ANTAQ. **Índice de Desempenho Ambiental (IDA)**. Disponível em: <<https://www.gov.br/antag/pt-br/assuntos/sustentabilidade/indice-de-desempenho-ambiental-ida-1/indice-de-desempenho-ambiental-ida>>. Acesso em: 4 jan. 2026.
- [76] BRASIL. **Roteiro de Implementação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE)**. Disponível em: <<https://www.gov.br/fazenda/pt-br/orgaos/spe/desenvolvimento-economico-sustentavel/sistema-brasileiro-de-comercio-de-emissoes/estudos/241209-crtlh-implementacao-sbce-v4.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2026.
- [77] BRASIL. **Transição energética: Brasil lidera programa mundial de descarbonização dos modais de transportes e mobilidade**. Disponível em: <<https://www.gov.br/portos-e-aeroportos/pt-br/assuntos/noticias/2024/10/transicao-energetica-brasil-lidera-programa-mundial-de-descarbonizacao-dos-modais-de-transportes-e-mobilidade>>. Acesso em: 12 mar. 2026.
- [78] BRASIL. **E30 e B15 entram em vigor em todo o Brasil**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/e30-e-b15-entram-em-vigor-em-todo-o-brasil>>. Acesso em: 22 abr. 2026.
- [79] BRASIL. **Programa Nacional do Hidrogênio: Plano de Trabalho Trienal 2023 - 2025**. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia - MME, [s.d.].
- [80] BRAZIL. **LEI Nº 15.082 - Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)**. Disponível em: <<https://www.jusbrasil.com.br/legislacao/2972847113/lei-15082-24>>. Acesso em: 17 set. 2025.
- [81] BRAZIL. 14993. Lei 14.993 - Combustível do Futuro. . 8 out. 2024.
- [82] CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto aprovado pela Câmara prevê incentivo a combustível sustentável na aviação**. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/noticias/1043435-projeto-aprovado-pela-camara-preve-incentivo-a-combustivel-sustentavel-na-aviacao/>>. Acesso em: 7 jul. 2024.
- [83] CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - CEBDS; CÂMARA TEMÁTICA DE CLIMA, ENERGIA E FINANÇAS SUSTENTÁVEIS - CTCLIMA. **Como a nova NDC brasileira pode estimular o investimento do setor privado em ações climáticas**. Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: <[https://www.wemeanbusinesscoalition.org/wp-content/uploads/2025/05/CEBDS-WMBC-2025-Brazil-NDC-note\\_updated\\_Portuguese.pdf](https://www.wemeanbusinesscoalition.org/wp-content/uploads/2025/05/CEBDS-WMBC-2025-Brazil-NDC-note_updated_Portuguese.pdf)>. Acesso em: 17 abr. 2026.

## REFERÊNCIAS

---

- [84] GLOBAL GREEN ROAD CORRIDORS INITIATIVE. **Brazil e-Dutra Corridor**. Disponível em: <<https://www.globalgreenroadcorridors.org/pages/corridors>>. Acesso em: 18 mar. 2026.
- [85] IBAMA. **Programa de controle de emissões veiculares (Proconve)**. Disponível em: <<https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes-e-residuos/emissoes/programa-de-controle-de-emissoes-veiculares-proconve>>. Acesso em: 23 mar. 2026.
- [86] MINISTÉRIO DE PORTOS E AEROPORTOS. **MPor leva à COP30 novos marcos da agenda verde do setor portuário**. Disponível em: <<https://www.gov.br/portos-e-aeroportos/pt-br/assuntos/noticias/2025/10/mpor-leva-a-cop30-novos-marcos-da-agenda-verde-do-setor-portuario>>. Acesso em: 20 jan. 2026.
- [87] MINISTÉRIO DE PORTOS E AEROPORTOS. **Governo do Brasil cria programa para descarbonizar portos e navegação**. Disponível em: <<https://www.gov.br/secom/pt-br/assuntos/noticias/2025/12/governo-do-brasil-cria-programa-para-descarbonizar-portos-e-navegacao-1>>. Acesso em: 13 jan. 2026.
- [88] NEVES, E. **COP30: Brasil inicia eletrificação de corredores logísticos com projeto-piloto na Dutra**. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/agenda-verde/cop30-brasil-inicia-eletrificacao-de-corredores-logisticos-com-projeto-piloto-na-dutra/>>. Acesso em: 20 jan. 2026.
- [89] BRASIL. **Lei nº14273 - Lei das Ferrovias**. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2021/lei/l14273.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14273.htm)>. Acesso em: 23 abr. 2026.
- [90] BRASIL. **Com R\$ 54,9 bilhões em investimentos, Novo PAC acelera modernização dos portos e apresenta resultados na Câmara dos Deputados — Casa Civil**. Disponível em: <<https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2025/agosto/com-r-54-9-bilhoes-em-investimentos-novo-pac-acelera-modernizacao-dos-portos-e-apresenta-resultados-na-camara-dos-deputados>>. Acesso em: 23 abr. 2026.



- [infrasaoficial](#)
- [infra.oficial](#)
- [infra-oficial](#)
- [infrasa.oficial](#)

- [observatório@infrasa.gov.br](mailto:observatorio@infrasa.gov.br)
- [institucional@infrasa.gov.br](mailto:institucional@infrasa.gov.br)
- [www.ontl.infrasa.gov.br](http://www.ontl.infrasa.gov.br)
- [www.infrasa.gov.br](http://www.infrasa.gov.br)