

Transporte Rodoviário de Cargas

Brasil | 2021

Benchmarking Internacional



iea

epe
Empresa de Pesquisa Energética

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

**PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Ministro

Bento Albuquerque

Secretária Executiva

Marisete Fátima Dadald Pereira

Secretário de Planejamento e

Desenvolvimento Energético

Paulo Cesar Magalhães Domingues

Secretário Adjunto de Planejamento e

Desenvolvimento Energético

Marcello Nascimento Cabral da Costa

Colaboração

Alexandra Albuquerque Maciel

Carlos Alexandre Príncipe Pires

Samira Sana Fernandes De Sousa Carmo



Empresa de Pesquisa Energética

Presidente

Thiago Vansconcellos Barral Ferreira

Diretora de Estudos do Petróleo, Gás Natural e
Biocombustíveis

Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e
Ambientais

Giovani Vitória Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Erik Eduardo Rego

Diretora de Gestão Corporativa

Angela Regina Livino de Carvalho

Coordenação Geral

Angela Oliveira da Costa

Coordenação Técnica

Marcelo Castello Branco Cavalcanti

Patricia Feitosa Bonfim Stelling

Autores Principais

Bruno R L Stukart

Felipe Klein Soares

Colaboração

Sergio Augusto Melo de Castro



Diretor Executivo

Dr Fatih Birol

Diretor de Mercados de Energia e Segurança

Keisuke Sadamori

Gerente de Eficiência Energética

Dr Brian Motherway

Coordenação Técnica

Edith Bayer

Autores Principais

Dr Alison Pridmore

Luiz Gustavo S de Oliveira (IEA consultant in Brazil)

Colaboração

Jack Miller

Tess Sokol-Sachs

Introdução

A eficiência energética é uma ferramenta crítica para reduzir as emissões de carbono e a poluição do ar do setor de transportes, e faz parte de um pacote de medidas de sustentabilidade, incluindo a transferência modal e o uso de combustíveis alternativos.

No início de 2020, a Agência Internacional de Energia (IEA) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) publicaram uma análise de *benchmarking* como parte do Atlas de Eficiência Energética que incluiu indicadores-chave para o segmento de veículos leves.

Este relatório baseia-se na cooperação entre a IEA e a EPE para apresentar uma análise nacional e internacional do segmento de transporte de cargas, com foco especial nos avanços na eficiência energética e no uso de combustíveis alternativos. O Atlas de 2019 identificou a necessidade de uma matriz de transporte equilibrada e eficiente, a fim de aumentar a eficiência energética e alcançar reduções significativas na intensidade energética total no setor de carga. Isso exigiria tecnologias novas e mais eficientes, bem como um aumento nos investimentos em infraestrutura para incentivar a participação de modos menos intensivos em energia, como o ferroviário e o aquaviário.

O relatório fornece, inicialmente, uma análise da evolução do setor no Brasil, incluindo os fundamentos associados ao aumento da demanda. Na sequência, uma seção global compara o Brasil com outros países a partir de indicadores-chave, e oferece exemplos de tecnologias líderes e opções de políticas destinadas ao setor para o avanço da eficiência energética, mitigação de carbono e melhorias na qualidade do ar.

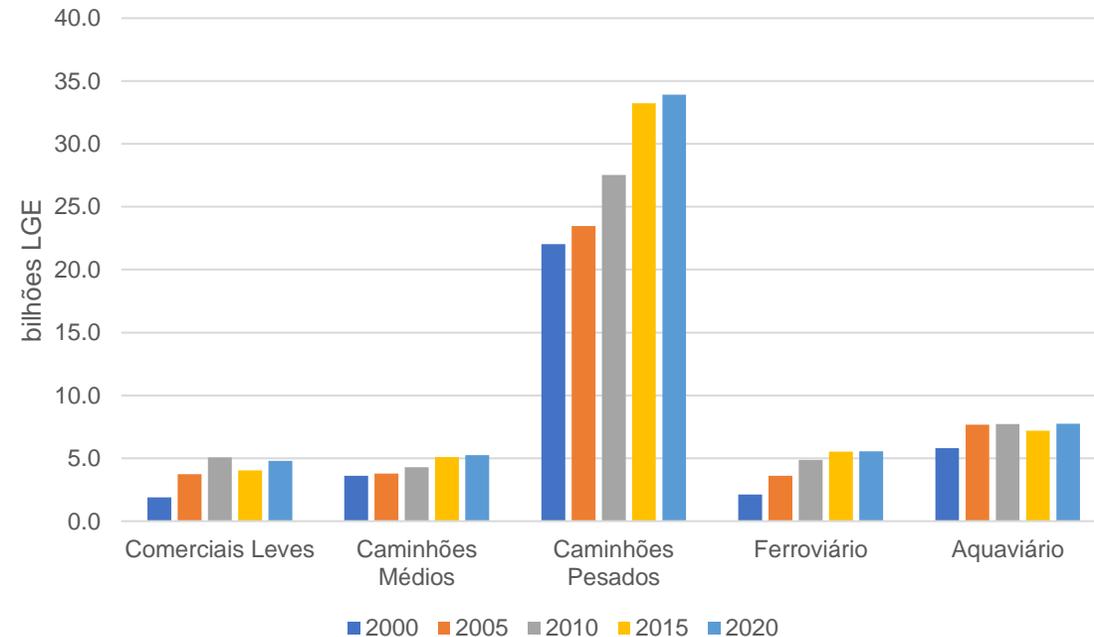
Panorama do Brasil

O setor de transportes é responsável por 33% do consumo final de energia no Brasil (EPE, 2020), e sua demanda está ligada a aspectos ambientais, socioeconômicos e tecnológicos. O transporte de cargas representa aproximadamente 40% desta demanda energética e se baseia principalmente no uso do modo rodoviário. O crescimento da frota de caminhões, a uma taxa de 3,5% ao ano, entre 2005 e 2018, elevou o consumo de diesel de 20 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep) para 30 milhões de tep, um aumento de 3,2% ao ano. Em São Paulo, mais de 60% dos principais poluentes atmosféricos (PM, NOx e SO₂) são oriundos dos veículos de carga (São Paulo, 2017).

No Brasil, os caminhões pesados tem papel significativo e foram responsáveis pela maior parte do aumento no consumo de energia do setor de transportes ao longo do tempo, um incremento de 219%, entre 2000 e 2020. No que concerne ao número de veículos, os veículos comerciais leves são predominantes, perfazendo 77% da frota.

Figura 1 – Consumo energético no transporte de cargas, por modo, no Brasil

Fonte: IEA, (2021a). Todos os direitos reservados.



Nota. LGE – litros de gasoline equivalente

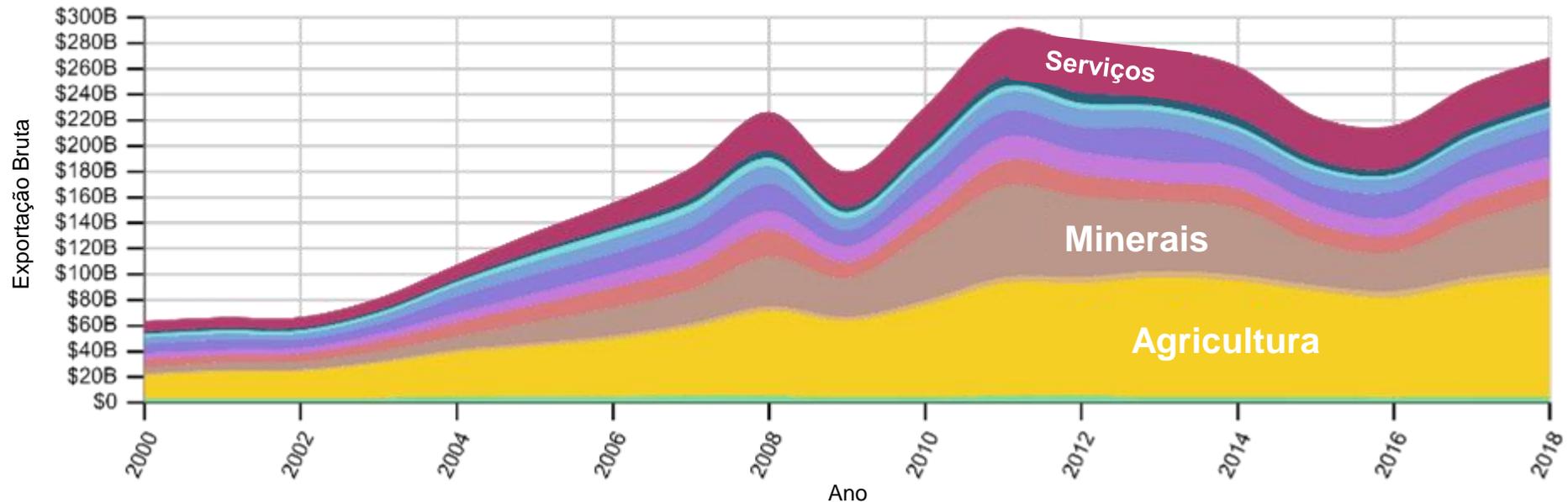
Panorama do Brasil

Este aumento no consumo energético de caminhões pesados no Brasil é reflexo de:

- um intenso período de crescimento econômico entre 2000 e 2015, onde o consumo doméstico também aumentou significativamente
- um forte boom de commodities que favoreceu os setores agrícola e de mineração
- a localização dessas commodities mais representativas, que normalmente estão situadas no coração do Brasil, o que resulta no transporte de produtos por longas distâncias

Figura 2 – Exportações do Brasil por setor, entre 2000 e 2018

Fonte: *The Growth Lab at Harvard University*



Panorama do Brasil

O aumento no consumo energético ocorreu apesar das melhorias na capacidade de carga útil, que aumentou 15% entre 2003 e 2020, trazendo maiores ganhos de eficiência em termos de toneladas-km transportadas. A eficiência energética média dos veículos novos vendidos (km/l) também aumentou. Neste período, a eficiência dos caminhões pesados aumentou 0,6% ao ano, enquanto a dos caminhões semi-pesados aumentou 0,7% ao ano. É importante notar que no que tange às definições, o uso de veículos pesados e semi-pesados pela EPE é equivalente ao uso de veículos pesados pela IEA.

Figura 3 – Caminhões pesados - capacidade de carga útil (CCU) média

Fonte: EPE (2021a)

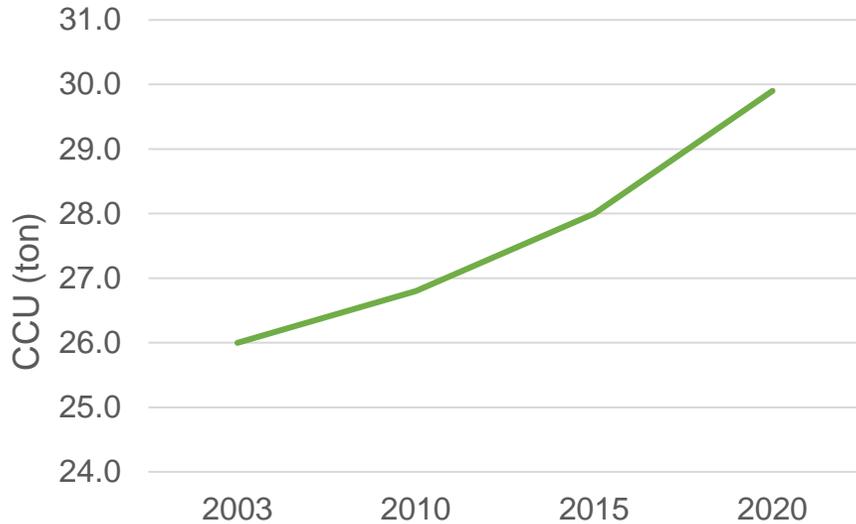
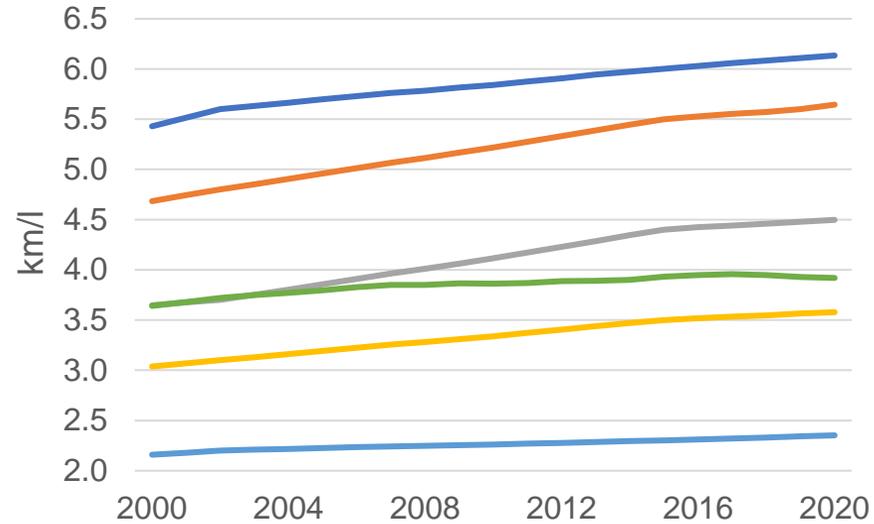


Figura 4 – Eficiência energética média dos veículos novos vendidos (carregados) em km/l

Fonte: EPE (2021a)



Panorama do Brasil

As políticas e programas brasileiros relacionados aos veículos de carga incluem iniciativas acerca da eficiência, da qualidade do ar, da transferência modal e de combustíveis:

Eficiência energética

Rota 2030. Rota 2030 é um programa de subsídios fiscais para fomentar a pesquisa e desenvolvimento e, conseqüentemente, a eficiência e segurança da indústria automobilística. Ele substitui o programa Inovar Auto, utilizando a mesma abordagem estratégica. As empresas devem ser elegíveis para estes incentivos fiscais, e devem concordar com níveis mínimos de investimento (Brasil, 2020a).

Inov@BR 2020. é um programa de modernização da infraestrutura viária federal para melhoria da segurança, do fluxo, da eficiência e da tecnologia (Brasil, 2020b).

Os veículos pesados do Brasil ainda não possuem metas de eficiência de combustível. Atualmente, os dados sobre eficiência estão sendo coletados, e as metas para 2032 serão desenvolvidas uma vez que isso esteja concluído, o que é esperado até 2027 (Brasil, 2018a). O Governo está discutindo com a Associação de Engenharia Automotiva (AEA) procedimentos para medir a eficiência energética de veículos pesados através do uso da Ferramenta de Cálculo do Consumo de Energia Veicular (VECTO - *Vehicle Energy Consumption Calculation Tool*).

Emissões (qualidade do ar)

As próximas fases do Programa de Controle de Emissões Veiculares (**Proconve**) (P8) promoverão padrões máximos de emissões a partir de 2023 (Brasil, 2018b). O Proconve P8 é equivalente ao padrão europeu de emissões EURO VI.

Panorama do Brasil

Transferência modal

Houve um incentivo para aumento das concessões e dos investimentos em ferrovias, hidrovias e portos. Espera-se que os investimentos desempenhem um papel fundamental, no cenário referencial da EPE adotado como Cenário Referência para o Brasil, considerando a construção de mais de 600 km de ferrovias por ano até 2030 (EPE, 2021b). A última vez que o Brasil construiu algo dessa magnitude foi há mais de 100 anos (EPE, 2018).

Estes investimentos podem evitar um adicional de 276.000 caminhões, com a transferência do modo rodoviário para o ferroviário e economia de aproximadamente 11,5 bilhões de LGE entre 2020 e 2030. O investimento ferroviário previsto reflete a ênfase no modo ferroviário desde 2000, com muitos projetos iniciados e ainda a serem concluídos.

Tecnologia da Informação tem sido a chave para auxiliar o Brasil no melhor gerenciamento da logística de caminhões e sua interação com portos e navios.

- O sistema Portolog que permite aos portos coletar dados de caminhões para melhorar a gestão logística dentro da área portuária (Brasil, 2017a)
- A introdução do programa 'Porto sem Papel', que permite aos navios declarar toda a sua carga e disponibilidade de modo *on-line* antes de chegarem aos portos (Brasil, 2017b)
- A centralização e digitalização das informações fornecidas pelos caminhoneiros antes de iniciar uma viagem. Isto facilitou o controle das cargas nas rodovias e o acesso aos portos (Brasil, 2021a).
- Estas ações foram facilitadas pelo Programa Canal Verde, que implementou a vigilância eletrônica em algumas das rodovias mais importantes do Brasil (Brasil, 2021b). Os dados são coletados e, associados a outros dados, permitindo aos governos controlar o fluxo de mercadorias, e aos portos controlar o acesso, incluindo o fluxo de caminhões.

Todas essas medidas permitiram ao governo administrar melhor a transferência modal entre caminhões e navios, reduzindo o congestionamento nos portos. Outras medidas foram de incentivo à cabotagem (Governo Brasileiro, 2020c), por exemplo, reduzindo as exigências para as tripulações nacionais e permitindo o acesso de navios estrangeiros.

Panorama do Brasil

Combustíveis

O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (**PNPB**) (MAPA, 2019) continua a ser o instrumento para promoção da energia renovável e redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) no setor. O teor de biodiesel no diesel fóssil é atualmente de 13% (Brasil, 2021c), e se manterá em elevação até 15% (B15) em 2023 (Brasil, 2020d).

RenovaBio é outra política para incentivar o uso de biocombustíveis e reduzir as emissões de Gases de Efeito Estufa, criando um sistema de comercialização de créditos de carbono no setor de distribuição de combustíveis no Brasil (Brasil, 2021d).

O programa **Combustível do Futuro** foi criado e está sendo estruturado de modo a incentivar os combustíveis limpos, especialmente o biodiesel e o combustível sustentável de aviação (SAF - *sustainable aviation fuel*). O programa considera que a eletrificação de veículos ocorrerá gradualmente no Brasil, especialmente devido ao elevado uso de biocombustíveis. O foco está no desenvolvimento de veículos elétricos movidos a etanol utilizando a tecnologia de célula de combustível (Brasil, 2021e).

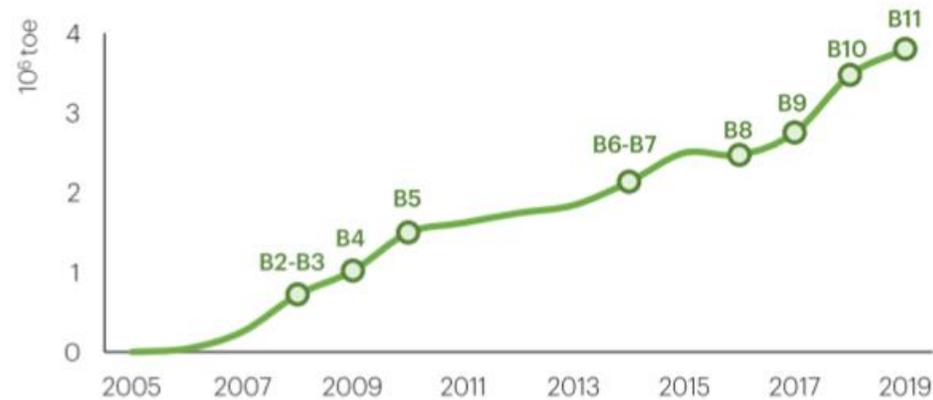


Figura 5 – Evolução do consumo de biodiesel

Fonte: EPE (2021a)

Nota. B11 significa que o diesel vendido aos clientes tem que apresentar um teor obrigatório de 11% de biodiesel em sua composição.

Toe: tonelada de óleo equivalente

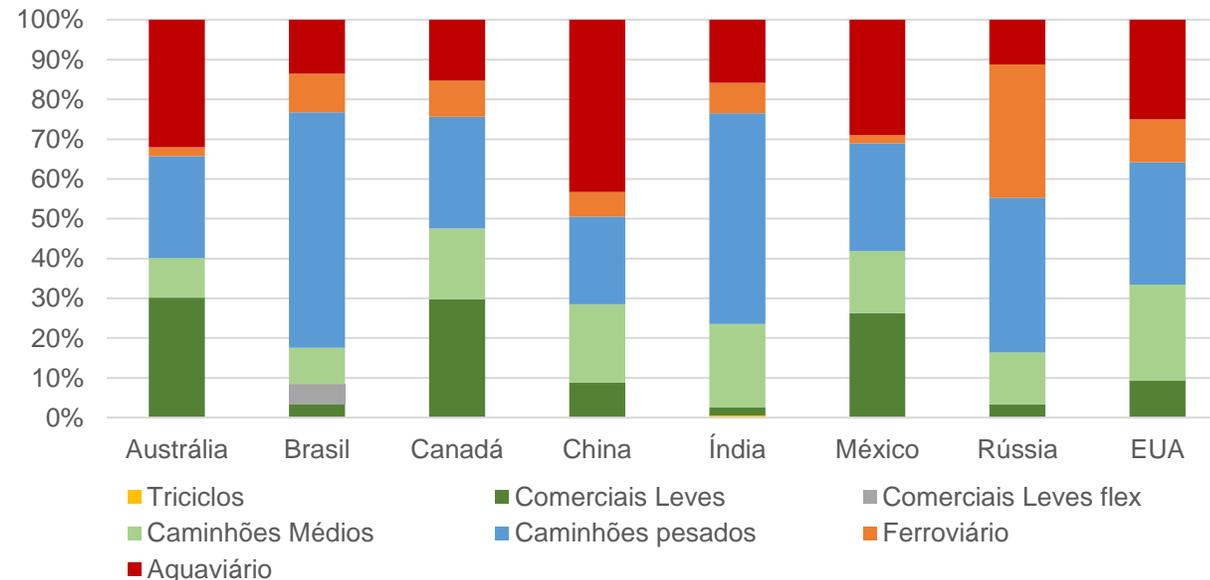
Benchmarking – Consumo energético do transporte de cargas em países selecionados

No Brasil, os caminhões pesados são responsáveis por aproximadamente 27% das toneladas-km rodadas e 60% do consumo de energia do frete. Em outros países, a proporção de energia utilizada por caminhões pesados tende a ser menor. Há diferentes maneiras de classificar os veículos comerciais leves, isto é, se os mesmos são de passageiros ou comerciais. A EPE considera que todos os veículos comerciais leves *flex fuel* são utilizados para o transporte de passageiros, o que aumentaria ainda mais a proporção de caminhões pesados para 63% do uso de energia de carga.

A forte ênfase do Brasil no transporte rodoviário e em veículos conjuntamente com o menor destaque para as ferrovias são resultados de seu processo de industrialização. Durante a maior parte da segunda metade do século 20, o setor automotivo foi incentivado para atrair mais fabricantes para o Brasil. Este processo incluiu investimentos na rede rodoviária, em detrimento de investimentos em outros meios de transporte. Este cenário mudou nas últimas duas décadas, e agora há uma ênfase na atração de investimentos privados em concessões para ferrovias e portos para aumentar o uso destes modos.

Figura 6 – Participação do consumo energético do transporte de carga (bilhões de litros de gasolina equivalente), por modo, em 2020

Fonte: IEA, (2021a). Todos os direitos reservados

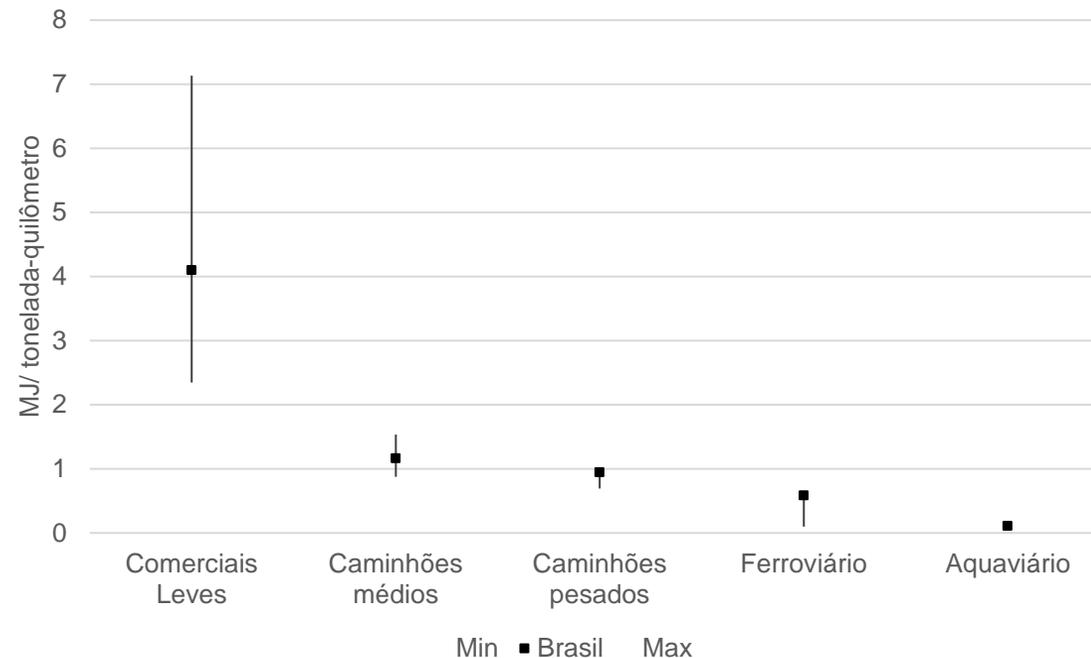


Benchmarking – Intensidade energética do transporte de cargas por modo em países selecionados

Diferentes modos de transporte de carga possuem distintos níveis de intensidade energética, com o transporte ferroviário e aquaviário apresentando efetivamente intensidades energéticas mais baixas. Entre os modos rodoviários, os veículos pesados de carga são os mais eficientes em termos de consumo energético por tonelada-km transportada. Comparando as intensidades energéticas dos diferentes modos de transporte entre os países, o Brasil tem a menor diferença entre a eficiência rodoviária e ferroviária. Isto reflete o fato de que, historicamente, os esforços de eficiência energética no País têm se concentrado no transporte rodoviário em detrimento do ferroviário. A maior variação entre os países ocorre com os veículos comerciais leves.

Figure 7 – Dispersão de intensidades energéticas do transporte de cargas para países selecionados

Fonte: IEA, (2021a). Todos os direitos reservados



Benchmarking – influências no consumo energético do transporte de cargas

Há uma série de fatores que influenciam o consumo energético do transporte de cargas e que são discutidas, por sua vez, nas próximas seções. São eles:

- Tamanho e tipos dos caminhões
- Requisitos geográficos e específicos para *commodities*
- Qualidade das rodovias
- Economia de combustível dos veículos, considerando a idade da frota
- Impactos das políticas públicas na infraestrutura

Benchmarking – influências no consumo do transporte de cargas

Tamanho e tipos dos caminhões

O Brasil tem os maiores e mais pesados caminhões do mundo. Os rodotrens brasileiros têm um peso bruto combinado de 74 t, até nove eixos e um comprimento de 25 m a 30 m. Em 2016, o Brasil aprovou o uso de caminhões de até 91 t, com autorizações especiais. Nos Estados Unidos, as limitações de tamanho dos caminhões em âmbito federal podem ser mais restritivas, sendo que estas limitações se aplicam às rodovias interestaduais, onde ocorre a maioria do transporte de cargas.

Tabela 1 – Limites de peso em países selecionados

Fontes: Unescap. Comt, 2019. ITF, 2019. NHVR, IEA, 2017.

| Países | Veículos articulados com 5 ou mais eixos | |
|-----------|--|-----------------|
| | Peso (t) | Comprimento (m) |
| Argentina | 75 | 25.25 |
| Australia | 122.5 | ≤ 53.5 |
| Brazil | 74/91 | 30 |
| Canada | 62.5 | 27.5 |
| China | 49 | 20 |
| India | 55 | |
| Mexico | 47.5 | 23 |
| Russia | 44 | 20 |
| USA | 40 | |

Figura 8 – Regulamentação de Veículos Pesados em Luz

Fonte: www.luz.mg.gov.br



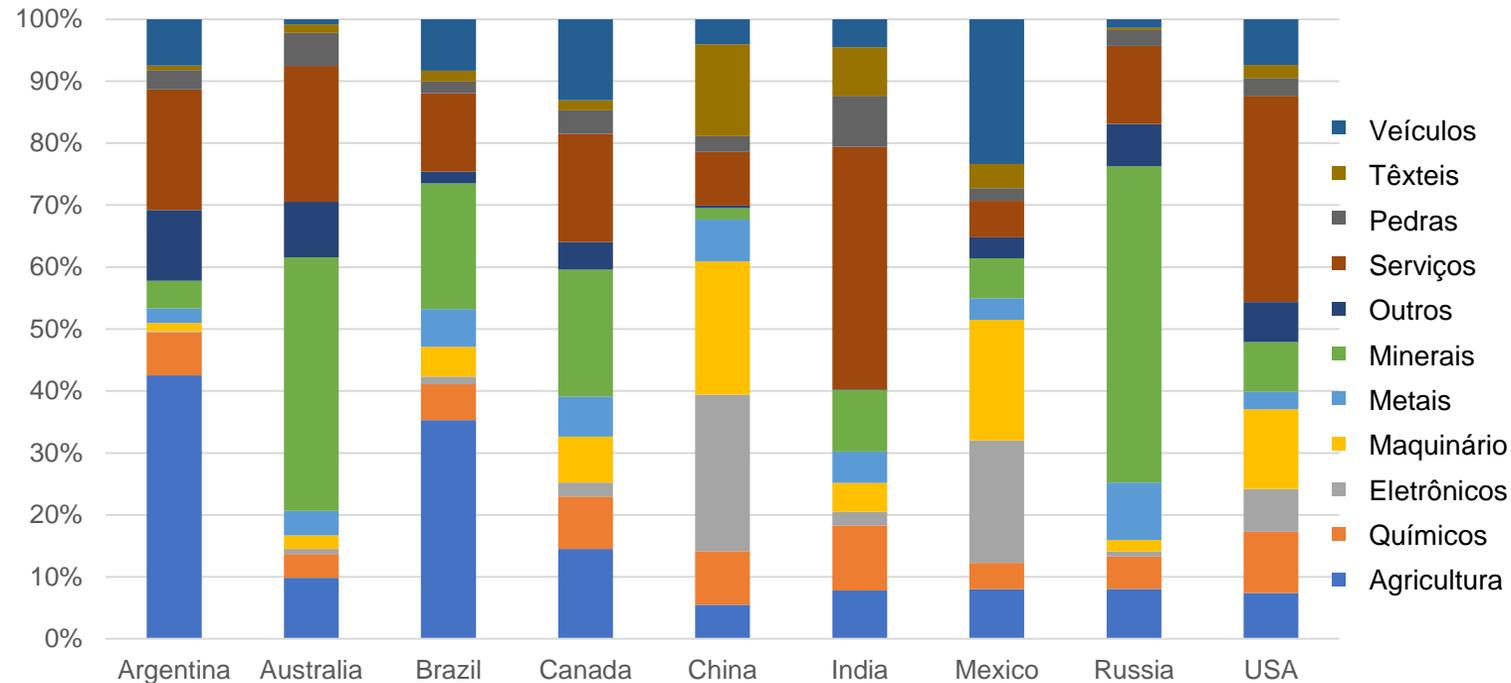
Benchmarking – influências no consumo do transporte de cargas

Requisitos específicos para as *commodities*

Diferentes mercadorias exigem diferentes necessidades de transporte. A título ilustrativo, a proporção de exportações por tipo de produtos é mostrada abaixo. No Brasil, as *commodities* "mais pesadas", como bens agrícolas e minerais predominam, com mais de 55% do valor das exportações. Níveis semelhantes para esses produtos podem ser vistos na Argentina, Austrália e Rússia. Outros países têm proporções mais elevadas de serviços (por exemplo, EUA) ou máquinas e eletrônicos (por exemplo, China, México). Produtos mais pesados são geralmente bem adequados para o transporte ferroviário e aquaviário. Nota-se que para a Índia, a exportação de serviços também inclui *commodities* não especificadas.

Figura 9 – Proporção das exportações (US\$) por tipo de produto em 2018 - países selecionados

Fonte: The Growth Lab at Harvard University (2021)



Benchmarking – influências no consumo do transporte de cargas

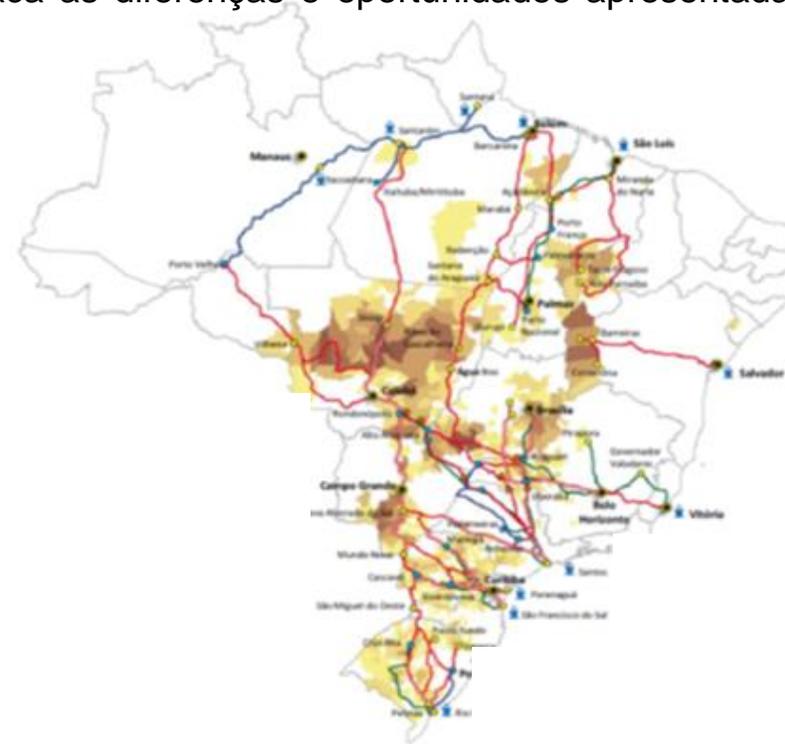
Requisitos geográficos

As mercadorias podem ser ancoradas geograficamente, o que, por sua vez, influencia as distâncias percorridas. Um exemplo é a soja, que representa mais de 11% das exportações comerciais do Brasil e cuja produção é interiorizada, resultando em maiores distâncias percorridas até os portos de exportação.

Por exemplo, a produção de soja no Mato Grosso está centrada em Sorriso, cidade localizada a 2.200 km de Paranaguá (principal porto de exportação de soja do Brasil) e a 1.300 km do nó ferroviário mais próximo. Em comparação, a rodovia que liga o Estado de Mato Grosso aos rios Amazônicos (BR-163), que são utilizados como vias fluviais, teve sua pavimentação concluída no final de 2019. Desde então, o tempo para um caminhão atravessar os 936 km finais da estrada foi reduzido de uma média de 10 dias para 4 dias. Os custos operacionais de frete também foram reduzidos em 13% (Brasil, 2020e). Este exemplo destaca as diferenças e oportunidades apresentadas pelo uso de outros modos.

Figura 10 – Produção de soja no Brasil, por município, e infraestrutura de transporte

Fonte: Brazil (2017d)



Benchmarking – influências no consumo do transporte de cargas

Qualidade das rodovias

Globalmente, o Brasil está em 103º lugar entre 137 países no que se refere à qualidade das estradas (WEF, 2017). Comparativamente, os EUA estão em 10º lugar, o México em 52º e a Rússia em 114º. A pontuação do Brasil é de 3,1, com a escala variando de 1 (extremamente ruim) para 7 (extremamente bom). A pontuação dos EUA é 5,7, do México é 4,4 e da Rússia é 2,9. No entanto, a qualidade das estradas brasileiras têm melhorado consideravelmente ao longo dos últimos anos.

A qualidade das estradas pode influenciar diretamente no consumo de combustível dos veículos. Estudos mostram que o consumo de combustível pode aumentar entre 2,5% (MIT, 2018) a 5% (Bartholomeu, 2006). Assim, é relevante avaliar os impactos de diferentes tipos de carga na redução da qualidade das rodovias.

Figura 11 – Ranking e Classificação de Qualidade Rodoviária em 2017

Fonte: World Economic Forum (2017)

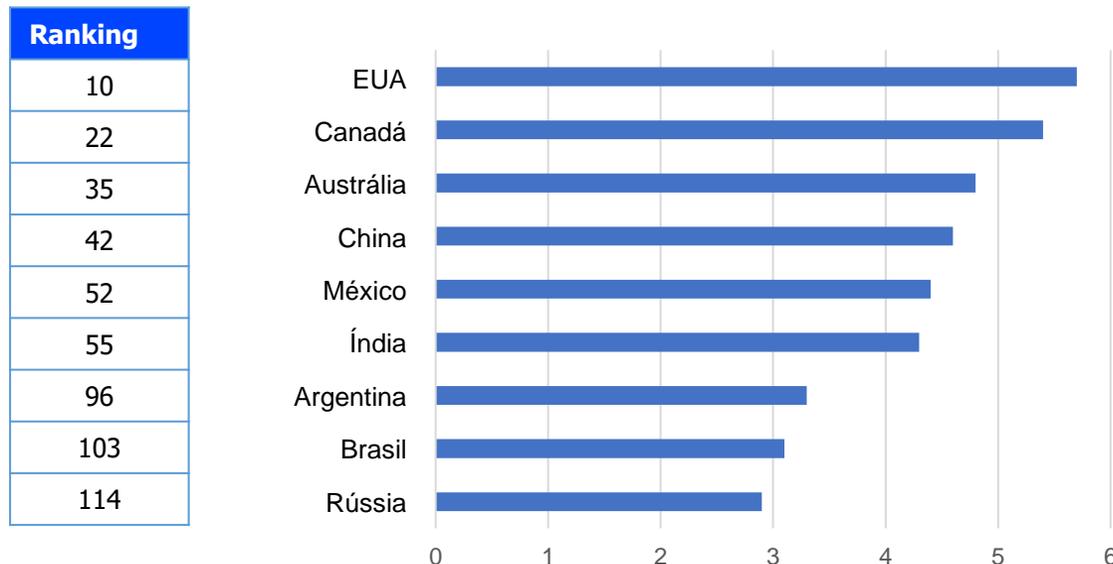


Figura 12 – Tráfego interrompido pelo mau tempo

Fonte: Agência Brasil (2019)



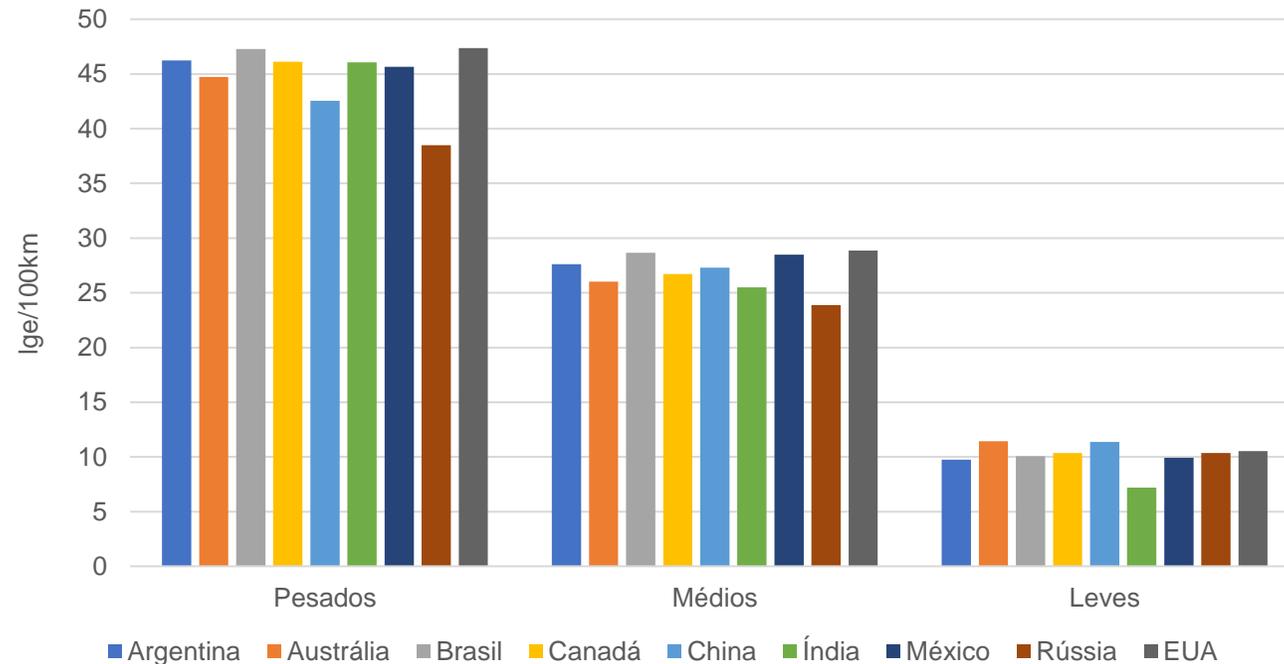
Benchmarking – influências no consumo do transporte de cargas

Economia de combustível dos veículos

O Brasil tem um dos maiores consumos de combustível (LGE/100km) para caminhões pesados, refletindo a qualidade das estradas, cargas transportadas, tamanho e tipo de veículo. Para veículos médios e leves, o consumo energético do Brasil está em linha com o de outros países.

Figura 13 – Consumo específico em 2020 para países selecionados

Fonte: IEA, (2021a). Todos os direitos reservados



Benchmarking – influências no consumo do transporte de cargas

Idade dos veículos

Em termos de economia de combustível, a idade dos veículos também pode desempenhar um papel crucial. Normalmente, os veículos mais antigos são menos eficientes e mais poluentes. Os gráficos abaixo destacam a idade média dos veículos quando sucateados. A idade média dos veículos pesados no Brasil é semelhante à do México, inferior à da China e Índia, e superior à do Canadá e EUA. É importante observar que a idade média pode ocultar variações. A Figura 15 destaca a frota brasileira estimada de caminhões ativos, por idade, com 6,1% da frota brasileira de caminhões possuindo mais de 30 anos de idade.

Figura 14 – Idade média dos veículos quando sucateados (anos)

Fonte: IEA, (2021a). Todos os direitos reservados

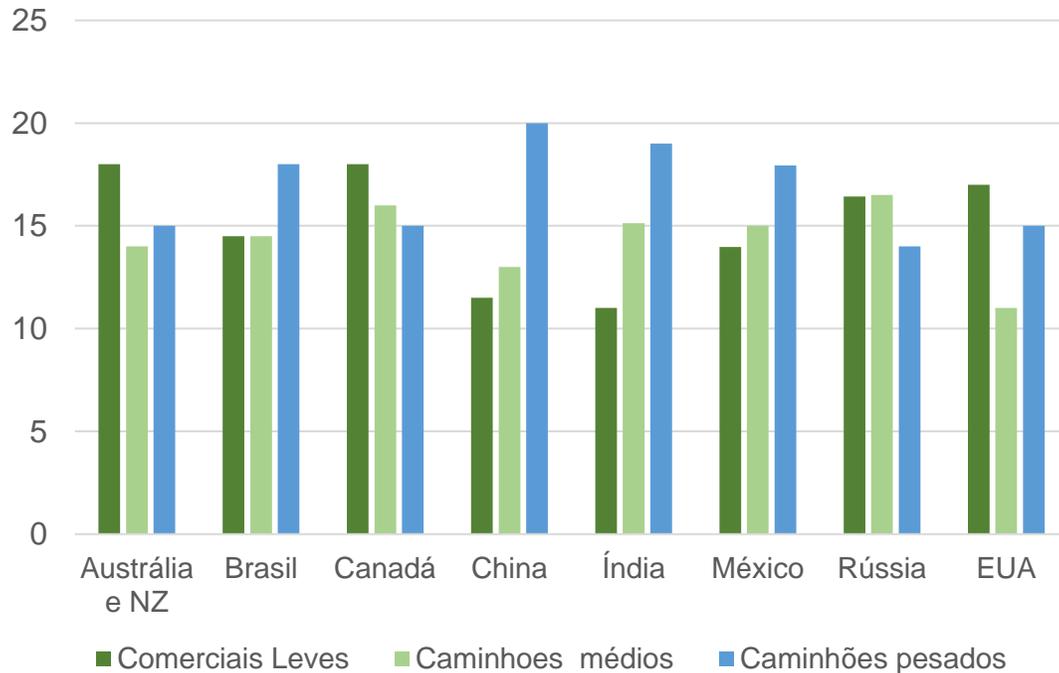
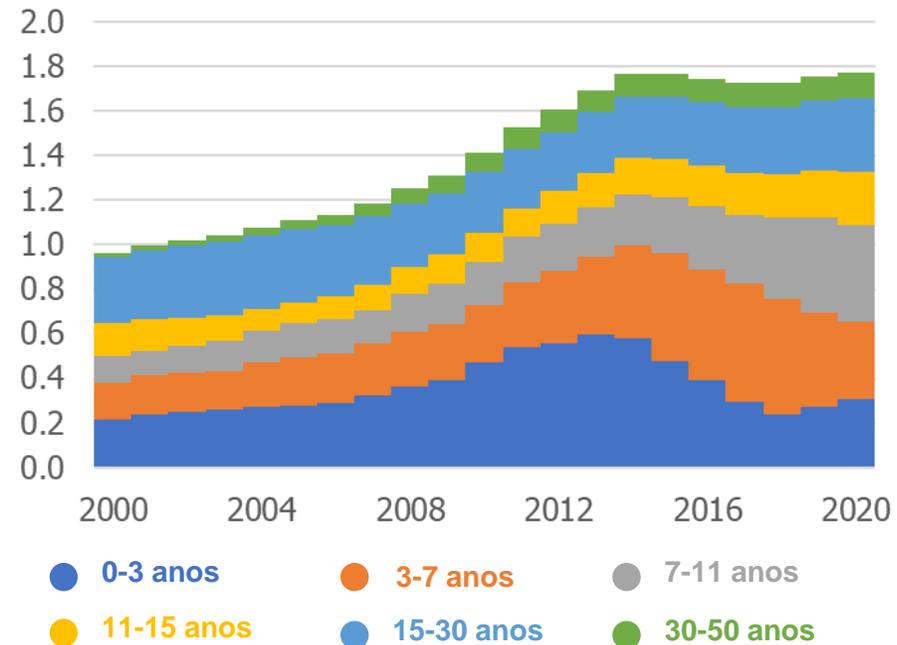


Figura 15 – Frota de caminhões estimada por idade do veículo (milhões de unidades)

Fonte: EPE (2021)



Benchmarking – influências no consumo do transporte de cargas

Gastos com infraestrutura

Os países diferem por gastos com infraestrutura, com clara variação por nação e ao longo do tempo. A Rússia, onde a ferrovia desempenha um papel fundamental, tem uma grande parcela dos gastos com infraestrutura ferroviária. Os gastos com ferrovias no Brasil vêm aumentando. No entanto, com o fim dos contratos de concessão em perspectiva, as empresas deixaram de investir, o que explica a diminuição desde 2015. Muitas concessões foram renovadas em 2020, o que explica em parte as previsões favoráveis para o setor.

É importante notar que os gastos com infraestrutura abrangem o transporte de passageiros e de carga. O Brasil não é considerado ao lado de outros países na Figura 17 porque os dados sobre os gastos com infraestrutura ferroviária provêm de uma fonte diferente. Os dados da OCDE na Figura 17 incluem gastos com novas construções de transporte e com a melhoria da rede existente.

Figura 16 – Proporção dos gastos com infraestrutura ferroviária (rodoviária e ferroviária) – Brasil

Fonte: CNT (2021)

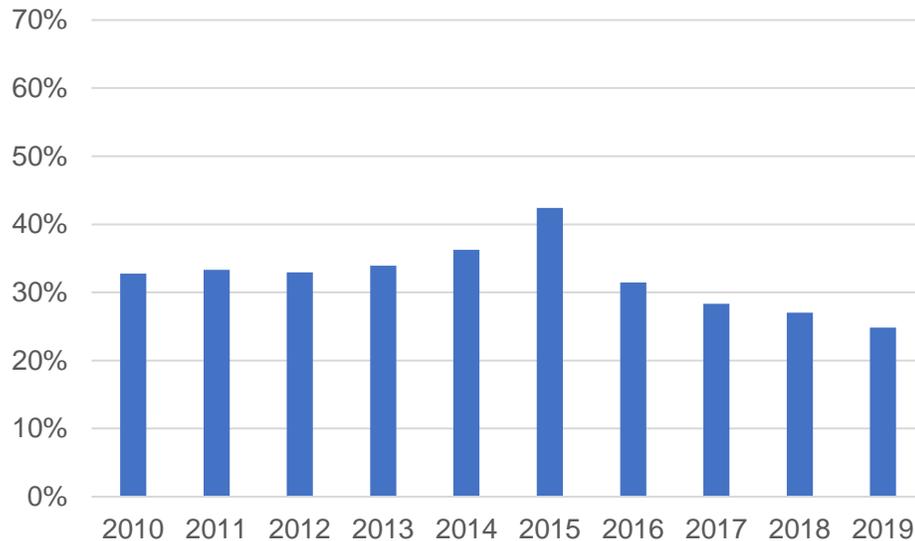
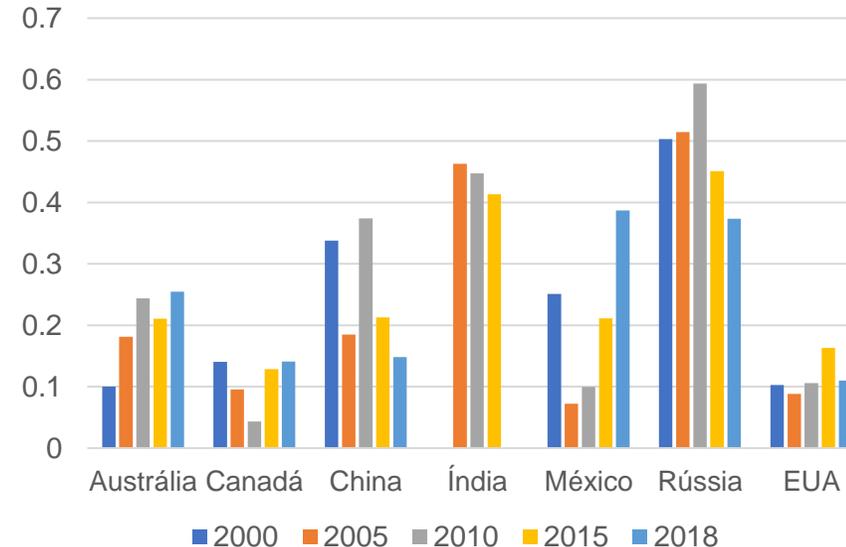


Figura 17 – Proporção dos gastos com infraestrutura ferroviária (rodoviária e ferroviária)

Fonte: OECD (2021)



Benchmarking – influências no consumo do transporte de cargas

Políticas Públicas

Diferentes países utilizam ferramentas políticas para estabelecer uma estrutura para e facilitar a transferência modal. Entre as políticas estão o estabelecimento de metas e o uso de corredores intermodais.

Tabela 2 – Instrumentos políticos selecionados por diferentes países para facilitar a transferência modal

Fonte: Kaack et al (2018), Chen et al (2020), Brazil (2021f)

| País | Instrumentos políticos atuais e planejados de países selecionados |
|------------------|--|
| Índia | <ul style="list-style-type: none"> • O Governo da Índia tem como meta uma participação ferroviária de 50% até 2031-32 • Início de grandes projetos de infraestrutura multimodais • Construção de Corredores de Carga Dedicados (Dedicated Freight Corridors - DFC) • O governo planeja subsidiar o transporte aquaviário e desenvolver a primeira via fluvial moderna da Índia no rio Ganges |
| América do Norte | <ul style="list-style-type: none"> • As políticas intermodais têm sido fundamentais desde os anos 90, com políticas voltadas principalmente para: desenvolvimento de corredores, financiamento de infraestrutura, e desenvolvimento e emprego de sistemas de transporte inteligentes. |
| China | <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento de uma rede de transporte de cargas de alta capacidade com corredores e <i>hubs</i> intermodais • Plano de ação trienal para o aprimoramento da transferência modal • Planos de trabalho para a prevenção da poluição do ar • Controle de sobrecarga no transporte rodoviário • Proibição do transporte rodoviário de carvão em Tianjin |
| Brasil | <ul style="list-style-type: none"> • O programa BR do Mar tem como objetivo incentivar a cabotagem no Brasil. • O objetivo é promover a entrada de novos operadores - para aumentar a concorrência e reduzir os custos de frete. • O programa visa diminuir a burocracia do setor, permite contratos temporários para o uso da infraestrutura portuária e reduz os requisitos para que as empresas se registrem como navios brasileiros, mesmo que apenas temporariamente. • A proposta está sendo discutida atualmente no Congresso Nacional. • O último plano nacional de logística prevê o aumento da participação das ferrovias de 33% para até 36% até 2030, se todos os projetos ferroviários forem considerados. |

Benchmarking – combustíveis alternativos

O papel dos diferentes combustíveis em caminhões pesados e médios

Globalmente, o uso de diesel predomina nos caminhões pesados, pois proporciona um torque maior para cargas mais pesadas. Para caminhões médios, há uma maior diversidade de combustíveis, com gasolina utilizada em mais da metade dos países selecionados. É importante observar que os números abaixo não incluem as misturas de biodiesel. Globalmente, 47 bilhões de litros de biodiesel foram produzidos em 2020, (IEA, 2021c), tornando-o a opção mais comercializada de biocombustível para o transporte pesado. O Brasil autorizou o uso voluntário de 20-30% de misturas de biodiesel em frotas cativas e para usuários agrícolas e industriais. Entretanto, devido ao preço do biodiesel, na prática todos os usuários no Brasil compram diesel com a mistura mínima de 13% de biodiesel. O consumo de biodiesel no Brasil foi próximo a 6 bilhões de litros em 2019.

Figura 18 – Estoque de caminhões pesados por tipo de combustível

Fonte: IEA, (2021a). Todos os direitos reservados

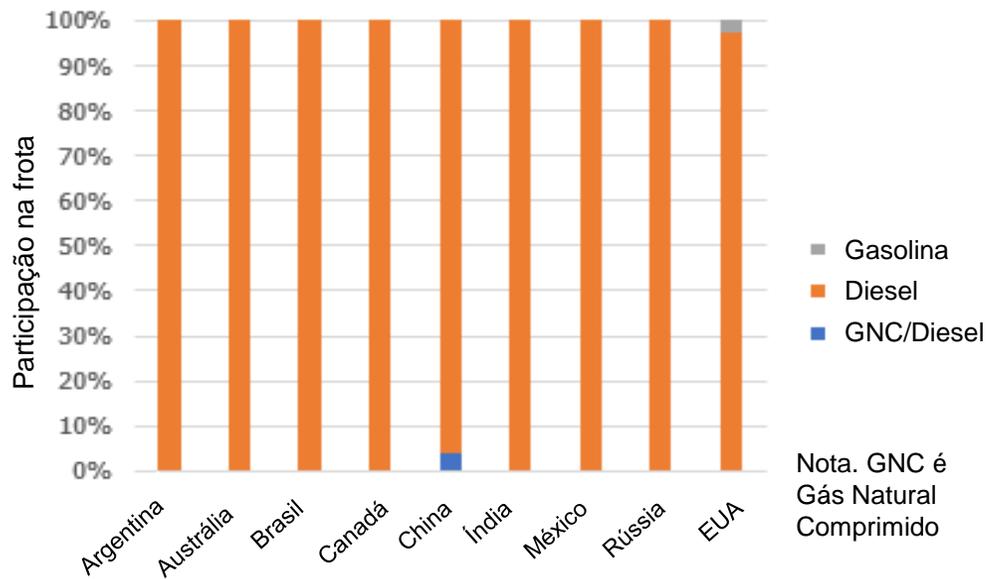
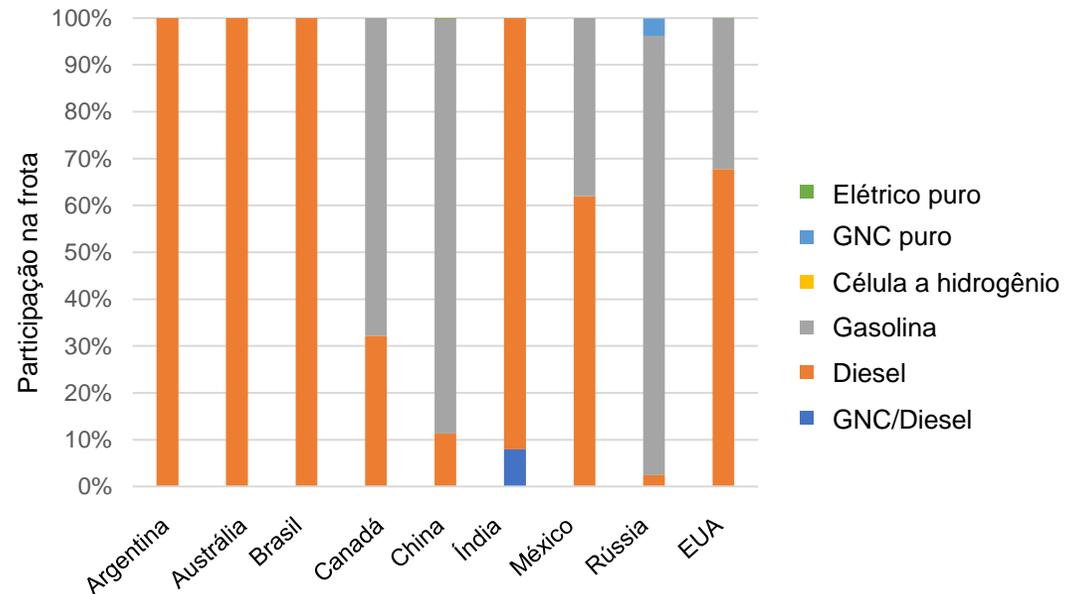


Figura 19 – Estoque de caminhões médios por tipo de combustível

Fonte: IEA, (2021a). Todos os direitos reservados



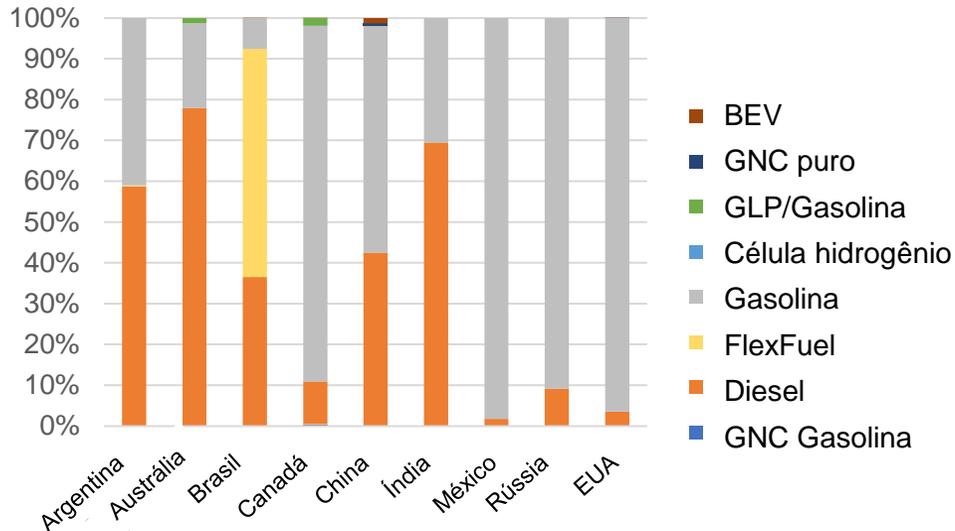
Benchmarking – combustíveis alternativos

O papel dos diferentes combustíveis nos veículos comerciais leves (*Light Commercial Vehicles - LCV*)

A maior variação no uso do tipo de combustível ocorre em veículos comerciais leves. Também estão sendo adotados números crescentes de veículos comerciais leves elétricos. Os veículos elétricos oferecem benefícios locais de redução da poluição do ar e do ruído. Globalmente, os números de estoque de veículos comerciais leves elétricos estão em torno de 435.000 unidades; com a China como líder mundial. Cerca de um terço estão na Europa, onde os licenciamentos de veículos elétricos novos estavam apenas 5% abaixo da China em 2020.

Figura 20 – Estoque de veículos comerciais leves por tipo de combustível em 2019

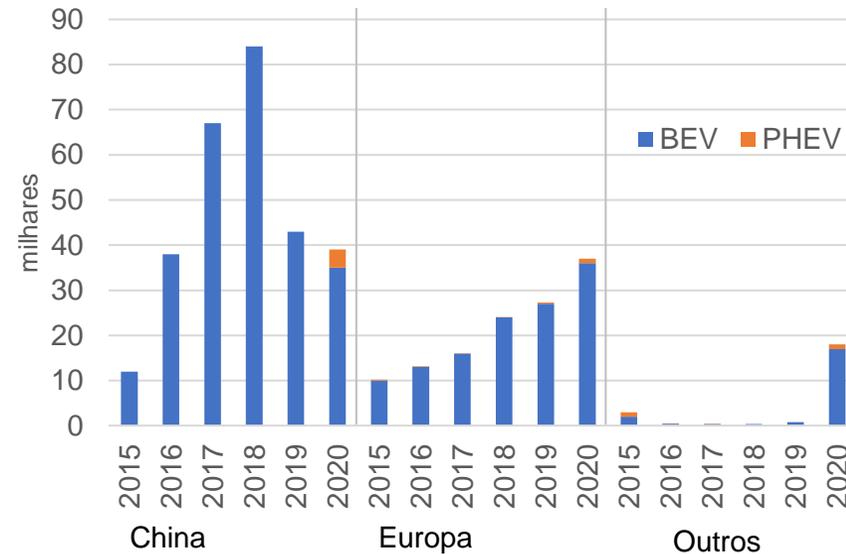
Fonte: IEA, (2021a). Todos os direitos reservados.



Nota. A Associação de Fabricantes de Veículos Automotores do Brasil utiliza uma classificação de veículos que agrupam veículos comerciais leves (LCVs) e veículos leves de passageiros (Light passenger vehicles - LPVs) acima de um determinado peso. De acordo com as estimativas da EPE, a maioria dos veículos comerciais leves a gasolina e flexfuel acima deste peso são na verdade veículos utilitários esportivos (Sport Utility Vehicles - SUVs), e não são utilizados para fins comerciais.

Figura 21 – Licenciamento de veículos elétricos por região 2015-2020

Fonte: IEA (2021b). Todos os direitos reservados.



GNC – Gás Natural Comprimido
GLP – Gás Liquefeito de Petróleo

BEV - *Battery Electric Vehicles*
PHEV - *Plug-in Hybrid Electric Vehicles*

Resumo e oportunidades futuras

O Brasil tem níveis crescentes de consumo energético no segmento de transporte de cargas, particularmente através de caminhões pesados, resultado do aumento da produção e exportação de *commodities* agrícolas e minerais e do consumo doméstico.

O transporte rodoviário de carga tem melhorado sua eficiência ao longo do tempo, em particular, em termos de tonelagem transportada. Outras melhorias na eficiência do combustível podem contribuir para a qualidade do ar, segurança energética e benefícios financeiros, podendo ser facilitados por:

- padrões de economia de combustível e limites mais rigorosos de emissões;
- mais Pesquisa & Desenvolvimento;
- o uso de sistemáticas de sucateamento;
- melhor gerenciamento da frota;
- melhorias contínuas na qualidade das estradas.

Os impactos dessas medidas seriam significativos. Por exemplo, se todos os veículos pesados com mais de 30 anos fossem sucateados, as emissões de partículas (PM) **poderiam ser reduzidas em quase 50% até 2030**, enquanto o consumo de diesel do Brasil **poderia diminuir em 13 bilhões de LGE** de 2021 a 2030 (EPE, 2020).

A **transferência modal** do transporte rodoviário para modos menos intensivos em energia, como o transporte aquaviário e ferroviário é um passo positivo, podendo também haver oportunidades para melhorar a eficiência destes últimos. Outra possibilidade são políticas de governança, investimentos e melhorias nas admissões portuárias para facilitar o transporte intermodal. Análise da EPE destaca que a mudança do transporte rodoviário para o ferroviário poderia economizar **11,5 bilhões de LGE** entre 2020 e 2030.

No que tange aos **combustíveis alternativos**, o biodiesel desempenha um papel fundamental na rol de combustíveis para o transporte de cargas e pode oferecer benefícios em termos de renovabilidade e qualidade do ar. No futuro, será importante promover novas matérias-primas para a produção de biodiesel no intuito de evitar picos de preços. A produção do biodiesel parafínico, recentemente regulamentado, como por exemplo o HVO (*Hydrotreated Vegetable Oil*), é importante, pois trata-se de um substituto direto do diesel que não tem as mesmas limitações de mistura que o biodiesel de éster. A eletrificação, particularmente de veículos comerciais leves, também pode trazer benefícios de qualidade do ar, especialmente em áreas urbanas.

Exemplos de estudos de caso de diferentes políticas públicas

Sucateamento de veículos pesados no Brasil

O sucateamento é uma forma de prover incentivos para operadores de frete “aposentarem” seus caminhões mais antigos e poluentes, em favor de veículos mais novos e eficientes. Esse tipo de programa tem se tornado cada vez mais comum internacionalmente.

O Governo Federal Brasileiro forneceu financiamento para a compra de novos caminhões por caminhoneiros autônomos. No entanto, esse crédito não exigiu o sucateamento do caminhão antigo, tendo como consequência o aumento da frota nacional (Brazil, 2015 ; BNDES).

No nível estadual, alguns programas de sucateamento foram introduzidos, por exemplo no RJ, SP e MG. Contudo, esses programas tinham recursos limitados e regras rígidas para participação, normalmente concedendo descontos de IPVA ou financiamento para veículos novos sem conceder créditos pelo sucateamento de antigos, desincentivando a adesão de autônomos (AB, 2013; São Paulo; Detran MG).

Estudos de caso sobre programas de sucateamento de pesados podem ser vistos na Tabela 3. Melhores práticas incluem:

- Programas precisam exigir a remoção de circulação de caminhões antigos, havendo a substituição por mais novos.
- Subsídios deveriam ser introduzidos em conjunto com novos padrões de emissão e de eficiência energética.
- Programas de reciclagem da sucata deveriam ser incentivados pelos seus benefícios ambientais e pela potencial criação de empregos.
- Estruturas financeiras desempenham papel importante para garantir acesso de empresas menores e dos caminhoneiros autônomos. Fatores como acesso ao crédito, pagamentos flexíveis, facilitação das exigências de pagamento de impostos e aplicação de juros menores deveriam ser considerados.

Exemplos de estudos de caso de diferentes políticas públicas

Tabela 3 – Programas de sucateamento de pesados – estudos de caso

Fonte: ICCT (2015)

| País | Programa | Ano de operação | Critérios | Prêmio oferecido | Desenho das políticas | Fatores de sucesso | Limitações |
|--------|---|-----------------|-------------------------|-------------------------|--|--|---|
| Chile | Cambia tu camión | 2009 | > 10t PBTM; >25 anos | USD 8 000-24 000 | <ul style="list-style-type: none"> Direcionado para micro e pequenas empresas com receita inferior a USD\$25,000 por ano. Pagamentos subsidiados representavam cerca de um terço do preço do novo. | <ul style="list-style-type: none"> Exige provas de que os veículos estavam em operação regular Candidatos tinham que se cadastrar nos governos locais, permitindo maior contribuição das autoridades locais | <ul style="list-style-type: none"> Dificuldade de acesso às linhas de crédito afetou pequenas operadoras. Muitos proprietários não tinham documentos financeiros, informações fiscais completas ou histórico de crédito. Governos municipais não criaram financiamentos adicionais. |
| México | Esquema de Sustitución y Renovación Vehicular | 2003-2018 | > 10 anos | 15% do valor de um novo | <ul style="list-style-type: none"> Esquemas de financiamento com taxas de juros preferenciais e planos de pagamento de 1 a 5 anos, dependendo de comprovação de Fluxo de Caixa e comprovação de pagamento de Imposto de Renda | <ul style="list-style-type: none"> O programa exige que veículos sejam retirados de circulação e que o veículo esteja em circulação há pelo menos um ano. Reduziu a idade média da frota de 13,3 para 11,4 anos entre 2007 e 2012. | <ul style="list-style-type: none"> Oferece financiamento flexível, mas exclusiva para pequenas empresas. Dificuldade de alcançar pequenas empresas familiares com menos de 5 veículos. |
| China | Old-Swap-New | 2009-2010 | entre 10 e 15 anos | USD 1 400-2 400 | <ul style="list-style-type: none"> Principais veículos visados são os pré-2000, e os veículos EURO 0, I e II (pré-2008). Esses veículos são reconhecidos com a etiqueta amarela, por existir um esforço para a etiquetagem de veículos mais antigos, que emitem uma parcela desproporcional de gases de efeito estufa | <ul style="list-style-type: none"> Programa exige que os veículos sejam sucateados Programas complementares em nível local fornecem incentivos adicionais e potenciais reduções das emissões | <ul style="list-style-type: none"> Subsídios iniciais (US\$980 por caminhão) não incentivaram o sucateamento, e tiveram de ser majorados (US\$2.980) 6 meses após a introdução do programa. |

Nota. PBT: Peso Bruto Total

Exemplos de estudos de caso de diferentes políticas públicas

Padrões de eficiência energética

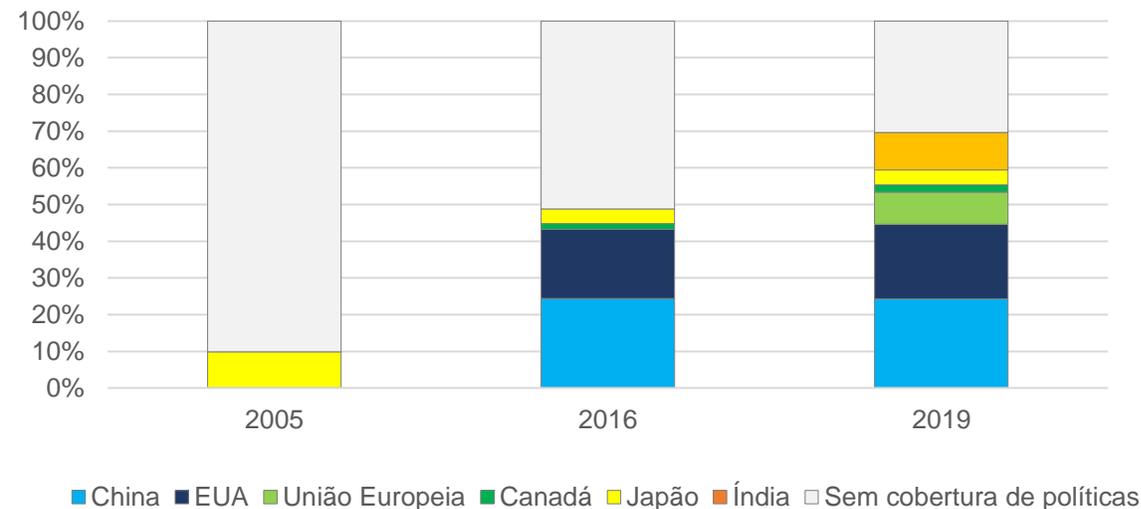
Padrões de eficiência energética cobrem 70% dos veículos pesados vendidos globalmente. Em 2016, apenas 50% estavam abarcados. Progresso tem sido feito no estabelecimento de metas de eficiência e emissões de CO₂. Pode-se citar a China, que introduziu os padrões de eficiência energética fase 3 em 2019, enquanto o Japão atualizou suas metas para 2025 em março de 2019.

Esses programas podem trazer benefícios. No Canadá, estimam-se benefícios da ordem de 24 bilhões de dólares canadenses (CAD) quando combinadas a economia de combustível, redução de emissões e outros benefícios ambientais e econômicos. O custo de implementação dessas ações foi de 6 bilhões de CAD (ICCT, 2018c). Na União Europeia, a economia na bomba foi estimada em EUR 2 mil nos primeiros 5 anos de um caminhão comprador em 2025 (EU, 2019).

Caminhões no Brasil ainda não têm metas de eficiência. Atualmente, dados sobre a eficiência estão sendo coletadas, e metas para 2032 devem ser definidas ao término dessa fase, o que deve ocorrer em 2027. Contudo, metas de emissão indiretamente indicam que existem metas de eficiência no Brasil, o que deve melhorar a eficiência de novos caminhões no curto prazo.

Figura 22 – Vendas de caminhões com metas de eficiência ou emissões em países selecionados 2005-2019

Fonte: IEA, (2020). Todos os direitos reservados



Exemplos de estudos de caso de diferentes políticas públicas

Padrões de eficiência energética

Países diferem em aspectos-chave em relação aos padrões de eficiência de combustíveis, como cobertura, abordagens de certificação, e se existe flexibilidade ou incentivos para veículos zero-emissão.

Tabela 4 – Comparação internacional de padrões de eficiência energética

Fonte: ICCT (2018) EU (2019)

| País | Abrangência | Horizonte | Veículos zero-emissão | Certificação | Flexibilidade |
|----------------|--|--|-----------------------|---|--|
| EUA and Canada | PBT > 3,85t e 19 sub-categorias | Ano base: 2010 (fase 1) Fase 1: 2014, 2017; fase 2: 2021, 2024, 2027 | Super créditos | Teste e simulação de componentes. Padrão de motor separado | Usa a média – com base na média da frota, e não no veículo individual. Créditos podem ser depositados assim que o limite for atingido. |
| China | PBT > 3,5t e 66 sub-categorias por tipo de veículo e PBT | Ano base: 2010 China I: 2014 China II: 2016 China III: 2021 | Não | Chassi ou veículo inteiro | Não |
| Japão | PBT > 3,5t e 25 sub-categorias, por tipo (ônibus/caminhão) e PBT | Ano base: 2002 fase 1: 2015; fase 2: 2025 | Não | Teste de motores e simulação do veículo. Fase 2 inclui testes aerodinâmicos e de pneus. | Não |
| Índia | PBT>12t e 10 sub-categorias, por PBT, número eixos e tipo (rígido ou trator) | Ano base: 2018; CSFC: 2018, 2021 | Não | Padrões de consumo de combustível de velocidade constantes (CSFC). | Não |
| União Europeia | Rígido e trator, com PBT > 16 t, com eixos de 4x2 e 6x2 | Ano base 2019 | Super créditos | Simulação | Isenções para veículos especiais com funções públicas. Fabricantes podem balancear metas entre diferentes tipos de veículos. |

Exemplos de estudos de caso de diferentes políticas públicas

Revisões (e.g. ICCT, 2017; ICCT, 2021) do impacto de padrões introduzidos até agora destacam pontos que devem ser levados em consideração na introdução de um programa desses:

1) Testes devem capturar condições reais

Certas tecnologias podem funcionar melhor em inclinações e terrenos mais íngremes. Testes devem ser realizados nessas condições reais, para que essas tecnologias sejam corretamente incentivadas, e ajudem a introduzir ganhos verdadeiros. (ICCT, 2021).

2) Harmonização de testes de peças com padrões internacionais

Testes padronizados para peças são parte dos padrões de eficiência em países como EUA e UE. Essa padronização poderia permitir que a indústria certifique em um país e venda em outros. Isso poderia reduzir os custos dessa nova tecnologia.

3) Utilização da simulação deve ser considerada

Testes físicos de caminhões podem ser caros e demorados. Para reduzir isso, alguns países utilizam uma combinação de testes de peças e ferramentas de simulação do veículo. Isso permite reduzir custos e o tempo da certificação.

4) Abrangência de todos os veículos com mais de 3,5 toneladas

A inclusão completa de todos os veículos com mais de 3,5 toneladas ajudaria a melhorar as emissões de CO₂ no setor de fretes. Na Índia e UE, programas capturam somente 60%-70% das emissões, com o restante permanecendo sem regulação no curto prazo. Isso também poderia mitigar preocupações relacionadas a manipulação de limites pelas montadoras. A Índia introduziu padrões para veículos acima de 12 toneladas de PBTC, o que fez com que as montadoras lançassem diversos modelos com PBTC de 11,9 toneladas (ICCT, 2017).

Exemplos de estudos de caso de diferentes políticas públicas

5) Certificação que garanta o uso de tecnologias de fácil implementação

Já existe uma série de tecnologias de fácil implementação. Elas incluem melhorias aerodinâmicas, menores resistências ao rolamento e redução do peso do veículo. As barreiras para a introdução dos dois primeiros itens incluem a utilização de padrões pelas montadoras (ICCT, 2021). Procedimentos de certificação podem equacionar tal questão. No caso da redução do peso, a pesagem dos veículos e a definição de um limite máximo permitido podem atuar como uma barreira, como ocorreu na China (ICCT, 2021). Se as cargas úteis forem definidas abaixo do peso máximo permitido, isso pode incentivar a adoção de materiais mais leves.

Tabela 5 – Medidas de eficiência com *payback* no curto prazo

Fonte: adaptado de IEA (2017)

| Área | Potencial economia de combustível |
|--|--|
| Melhorias aerodinâmica | Redução no consumo de combustível entre 0,5-3% |
| Baixa resistência de rolamento e sistemas de pressão dos pneus | 0,5% a 12% |
| Redução peso | entre 1 e 3%, no curto prazo |
| Transmissão e trem de força | entre 1 e 3% no curto prazo e 7%, no longo prazo |
| Eficiência dos motores | 4-18% (elevadas distâncias) |
| Controle da ociosidade do motor | até 2,5% |
| Hibridização | 6-35% dependendo da tecnologia e perfil |

Nota: O total da economia pode variar de acordo com o tipo de veículo e de sua missão. Geralmente há maior economia nos pesados do que nos médios.

Exemplos de estudos de caso de diferentes políticas públicas

Transferência modal

Transporte aquaviário e ferroviário são os modos de transporte com menor consumo específico de energia. Oportunidades para a transferência modal dependem de fatores geográficos e econômicos, e da disponibilidade de infraestrutura. Contudo, o transporte rodoviário continuará sendo fundamental para o transporte porta-a-porta. Caso este modo seja acompanhado de modos mais eficientes para as longas distâncias, pode-se obter economias significativas.

Exemplos podem ser encontrados na Tabela 6.

- O envolvimento das partes interessadas pode ser essencial para o sucesso do programa (NAP, 2019). Benefícios incluem reduções no trânsito e melhorias na qualidade do ar.
- Um *mix* de políticas que combinem regulação, informação e incentivos podem ajudar no sucesso (Kaack et al, 2018)
 - Regulação pode incluir pedágios, corredores prioritários e regras trabalhistas (Kaack et al, 2018; IEA, 2017)
 - Tecnologia da informação pode propiciar um intercâmbio eficiente entre modos de transporte (IEA, 2017). Isso começou a ser utilizado no Brasil. Pesquisa operacional pode auxiliar a compreensão das origens e destinos da cargas, reduzindo custos.
 - Incentivos podem incluir subsídios para o transporte ferroviário e aquaviário (Kaack et al, 2018)

Exemplos de estudos de caso de diferentes políticas públicas

Tabela 6 – Estudos de caso sobre transferência modal

Fontes: IEA, 2017; GIZ, 2014; NAP, 2019; ARA, 2020.

| Country | Coverage | Scheme | Impacts | Success factors |
|-----------|--|--|--|---|
| EUA | Crescent Corridor – rede de linhas de ferrovias entre New Jersey e New Orleans | 2,5 bilhões USD em projetos de melhoria da infraestrutura ferroviária – includes novos trilhoes e terminais. Cobre 2.500 milhas. | Unidade de tráfego intermodal dobraram entre 2010 e 2015. Benefícios incluem economia de USD 575 milhões anuais em congestionamentos. Criação de quase 123 mil empregos até 2030. | Oportunidades de desenvolvimento econômico das regiões impactadas |
| Suíça | Pedágios para veículos pesados com mais de 3,5 toneladas. Os três elementos-chave foram o peso do veículo, sua categoria de emissões e o número de km percorridos. | O pedágio deve desincentivar o transporte rodoviário. Foi implementado progressivamente e substituiu um outro pedágio fixo anterior. A limitação de peso subiu de 26 para 40 toneladas, para permitir veículos de carga maiores. | Receitas do governo superaram os custos administrativos e de implementação do programa. Emissões de CO ₂ caíram 30%, o número de caminhões nas ruas foi reduzido, e o número de km percorridos caiu em 6% | Transportadores informaram um aumento na eficiência e na confiabilidade, além do incremento da utilização de seus veículos. |
| Austrália | Inland Rail é o maior projeto de infraestrutura do país. A rede irá de Brisbane, contornando Sydney, até Melbourne. | Melhorar 1.100 km de ferrovias existentes, e construir 600 km. Terminais intermodais também serão construídos. | Se 50% da carga entre Brisbane e Perth mudar para ferrovias, estima-se uma redução de custos annual de 10,9 milhões devido à redução de acidentes e emissões. Também deve estimular mais comércio. | A criação de oportunidade e benefícios para populações locais foi identificado como um fato de sucesso. |

Recomendações

A introdução de programas de sucateamento oferece benefícios para a qualidade do ar e economias de combustível, considerando que pelo menos 6% da frota de caminhões tem mais de 30 anos.

- ❑ A concessão de financiamento para caminhoneiros autônomos no Brasil deve estar associada à comprovação do sucateamento de veículos antigos e da reciclagem de peças.
- ❑ Existem oportunidade para sinergias entre programas de sucateamento, de eficiência energética e de redução de emissões.

Brasil está planejando introduzir metas de eficiência para caminhões para 2032, com ano base de 2027, de acordo com o programa Rota 2030. Alguns resultados internacionais obtidos por meio deste tipo de programa podem ser considerados:

- ❑ Testes que capturem condições de uso reais;
- ❑ Harmonização dos testes das autopeças;
- ❑ Uso das ferramentas de simulações de veículos;
- ❑ Incentivo às tecnologias de fácil e rápida implementação (melhorias aerodinâmicas e a utilização de materiais mais leves começaram a ser considerados no Brasil por empresas privadas). Mais incentivos poderiam ser concedidos para acelerar sua adoção.

Recomendações

É fundamental a continuidade das melhorias de infraestrutura. Isso inclui melhorias na qualidade de rodovias, em sua manutenção e nas verificações (pesagens) para que os pesos máximos por eixo sejam respeitados.

O Brasil está implementando programas para acelerar a transferência modal, investindo em infraestrutura ferroviária e na digitalização de trâmites burocráticos nas operações de transporte.

O envolvimento de diferentes partes interessadas (*stakeholders*) é essencial. A implementação de um conjunto de ferramentas para rastrear e avaliar benefícios pode auxiliar na adoção de novas tecnologias pelos agentes. Alguns dos impactos econômicos incluem a redução dos congestionamentos e do trânsito, melhoria da qualidade do ar e as consequentes melhorias na saúde, além de possíveis sinergias entre o transporte de cargas e de passageiros.

Um pacote de políticas públicas e incentivos poderia auxiliar na adoção da transferência modal. Essas políticas poderiam ampliar a regulação das vias, programas de informação, e incentivos para o transporte ferroviário e aquaviário.

Referências

AB, 2013. Automotive Business. RJ lança programa de renovação de frota. <https://www.automotivebusiness.com.br/noticia/16195/rj-lanca-programa-de-renovacao-de-frota>

Agência Brasil, 2019. <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2019-12/cni-comemora-conclusao-de-trecho-da-br-163-no-para#>

ARA, 2020. Value of Rail 2020. <https://ara.net.au/wp-content/uploads/REPORT-ValueofRail2020-1.pdf>

Bartholomeu, 2006. Quantificação dos impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras. <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-08052008-172034/pt-br.php>

BNDES. BNDES Crédito Caminhoneiro. <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-credito-caminhoneiro>

Brazil, 2015. ANTT. BNDES Finame Procaminhoneiro. <https://www.antt.net.br/artigos/11647>

Brazil, 2017a. Ministry of Infrastructure. Cadeia Logística Portuária Inteligente – PortoLog. <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporte-aquaviario/conteudo-inteligencia-logistica/cadeia-logistica-portuaria-inteligente-portolog>

Brazil, 2017b. Ministry of Infrastructure. Porto sem Papel – PSP. <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporte-aquaviario/conteudo-inteligencia-logistica/porto-sem-papel-ppsp>

Brazil, 2017d. EPL. Corredores Logísticos Estratégicos – Complexo de Soja e Milho. https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/relatorio_corredores_logisticos_sojamilho_v1-2.pdf

Brazil, 2018a. Ministry Industry and Commerce. Portaria Nº 2,200-SEI, de 27 de Dezembro de 2018. https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/57220399

Brazil, 2018b. Ministry of the Environment. Resolução Nº 490, de 16 de Novembro de 2018. Proconve P8. https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058898/do1-2018-11-21-resolucao-n-490-de-16-de-novembro-de-2018-51058604

Brazil, 2018c. Ministry of Industry and Commerce. Portaria Nº 2.200-SEI, de 27 de Dezembro de 2018. https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/57220399

Brazil, 2019. Ministry Agriculture. Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/biodiesel/programa-nacional-de-producao-e-uso-do-biodiesel-pnpb>

Brazil, 2020a. Ministry of Economy. Rota 2030. <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/setor-automotivo/rota-2030-mobilidade-e-logistica>

Brazil, 2020b. Ministry of Infrastructure. Inov@BR 2020. <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporte-terrestre/inovabr>

Brazil, 2020c. Ministry of Infrastructure. BR do Mar. <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/brdomar>

[Brazil, 2020d](#). Ministry of Mines and Energy. Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/biodiesel/programa-nacional-de-producao-e-uso-do-biodiesel-pnpb>

Brazil, 2020e. Ministry of Infrastructure. Melhorias na BR-163/PA e renovação da Malha Paulista gerarão economia de mais de R\$ 1,2 bilhão por ano. <https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2020/11/melhorias-na-br-163-pa-e-renovacao-da-malha-paulista-gerarao-economia-de-mais-de-r-1-2-bilhao-por-ano>

Brazil, 2021a. Ministry of Infrastructure. “DT-e é a grande revolução do setor de transporte”, afirma ministro. <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/noticias/dt-e-e-a-grande-revolucao-do-setor-de-transporte-afirma-ministro>

Referências

Brazil, 2021b. ANTT. Canal Verde. <https://antt-hml.antt.gov.br/canal-verde>

Brazil, 2021c. ANP. Mistura de biodiesel ao diesel passa a ser de 13% a partir de hoje (1/3). https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/mistura-de-biodiesel-ao-diesel-passa-a-ser-de-13-a-partir-de-hoje-1-3

Brazil, 2021d. Ministry of Mines and Energy. RenovaBio. <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio>

Brazil, 2021e. Ministry of Mines and Energy. Programa Combustível do Futuro: Brasil dá mais um passo na liderança da transição energética mundial. <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/programa-combustivel-do-futuro-brasil-da-mais-um-passo-na-lideranca-da-transicao-energetica-mundial>

Brazil, 2021f. EPL. Plano Nacional de Logística – PNL. <https://www.epl.gov.br/plano-nacional-de-logistica-pnl>

Chen S., Wu J., Zong Y, 2020. The Impact of the Freight Transport Modal Shift Policy on China's Carbon Emissions Reduction. Sustainability 2020, 12, 583

CNT, 2021. Conjuntura do Transporte. <https://www.cnt.org.br/publicacoes>

Comt, 2019. Heavy Truck Weight and Dimension Limits for Interprovincial Operations in Canada. <https://www.comt.ca/english/programs/trucking/MOU%202019.pdf>

Detran MG. <https://www.detran.mg.gov.br/parceiros-credenciados/renovacao-da-frota/programa-de-renovacao-da-frota-de-caminhoes>

EPE, 2018. Novos Projetos Ferroviários e Seus Impactos sobre a demanda Energética Nacional. https://stt.ibp.org.br/eventos/2018/riooil2018/pdfs/Riooil2018_1657_201806221837riooil2018_impacto.pdf

EPE, 2021a. Balanço Energético Nacional – BEN. <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>

EPE, 2021b. Plano Decenal de Expansão de Energia - PDE 2030. https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/PDE%202030_RevisaoPosCP_rv2.pdf

EU, 2019. Reducing CO2 emissions from heavy-duty vehicles. https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/heavy_en

GIZ, 2014. Transfer. Freight Master Planning. <http://transferproject.org/wp-content/uploads/2014/05/O.-Freight-Master-Planning.pdf>

IEA, 2017. The Future of Trucks. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-trucks>

IEA 2020 Trucks and Buses, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/trucks-and-buses>

IEA 2021a, Mobility Model, June 2021 version. OECD/IEA, Paris, <https://www.iea.org/areas-of-work/programmes-and-partnerships/the-iea-mobility-model>.

IEA 2021b, Global EV Outlook IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>

IEA, 2021c. Renewable Energy Market Update <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update-2021/transport-biofuels>

ICCT, 2015. Survey of Best Practices in Reducing Emissions Through Vehicle Replacement Programs. https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_HDVreplacement_bestprac_20150302.pdf

ICCT, 2017. Fuel Consumption Standards For Heavy-duty Vehicles In India. https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_India-HDV-fuel-consumption_policy-update_20171207.pdf

ICCT, 2018. Final second-phase greenhouse gas emissions standards for heavy-duty engines and vehicles in Canada. <https://theicct.org/publications/second-ghg-standards-hdv-Canada>

Referências

ICCT, 2021. The Evolution Of Commercial Vehicles In China: A Retrospective Evaluation Of Fuel Consumption Standards And Recommendations For The Future.

<https://theicct.org/sites/default/files/publications/Commercial-vehicles-china-evolution-mar2021.pdf>

ITF, 2019. High Capacity Transport: Towards Efficient, Safe and Sustainable Road Freight”, International Transport Forum Policy Papers, No. 69, OECD Publishing, Paris.

<https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/high-capacity-transport.pdf>

Kaack L.H., Vaishnav P., Morgan M.G. Azevedo I.L. and Rai S (2018) Decarbonizing intraregional freight systems with a focus on modal shift. Environmental Research Letters, Volume 13, Number 8. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aad56c/meta>

NAP, 2019. <https://www.nap.edu/read/25660/chapter/15>

NHVR. Common Heavy Freight Vehicle Configurations.

<https://www.nhvr.gov.au/files/201707-0577-common-heavy-freight-vehicles-combinations.pdf>

OECD, 2021 OECD Infrastructure investment (indicator). doi: 10.1787/b06ce3ad-en (Accessed on 28 July 2021) <https://data.oecd.org/transport/infrastructure-investment.htm>

São Paulo. Guia do Programa de Incentivo à Renovação da Frota de Caminhões.

http://www.desenvolvesp.com.br/wp-content/uploads/old/page/uploads/files/cartilha_final2.pdf

São Paulo, 2017. Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo.

https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/comite_do_clima/index.php?p=284393

Unescap. Currently existing standards on weights and dimensions for road freight vehicles.

<https://www.unescap.org/sites/default/files/Chapter02.pdf>

The Growth Lab at Harvard University. The Atlas of Economic Complexity.

<https://atlas.cid.harvard.edu> Accessed July 2021

World Economic Forum https://reports.weforum.org/pdf/gci-2017-2018-scorecard/WEF_GCI_2017_2018_Scorecard_EOSQ057.pdf