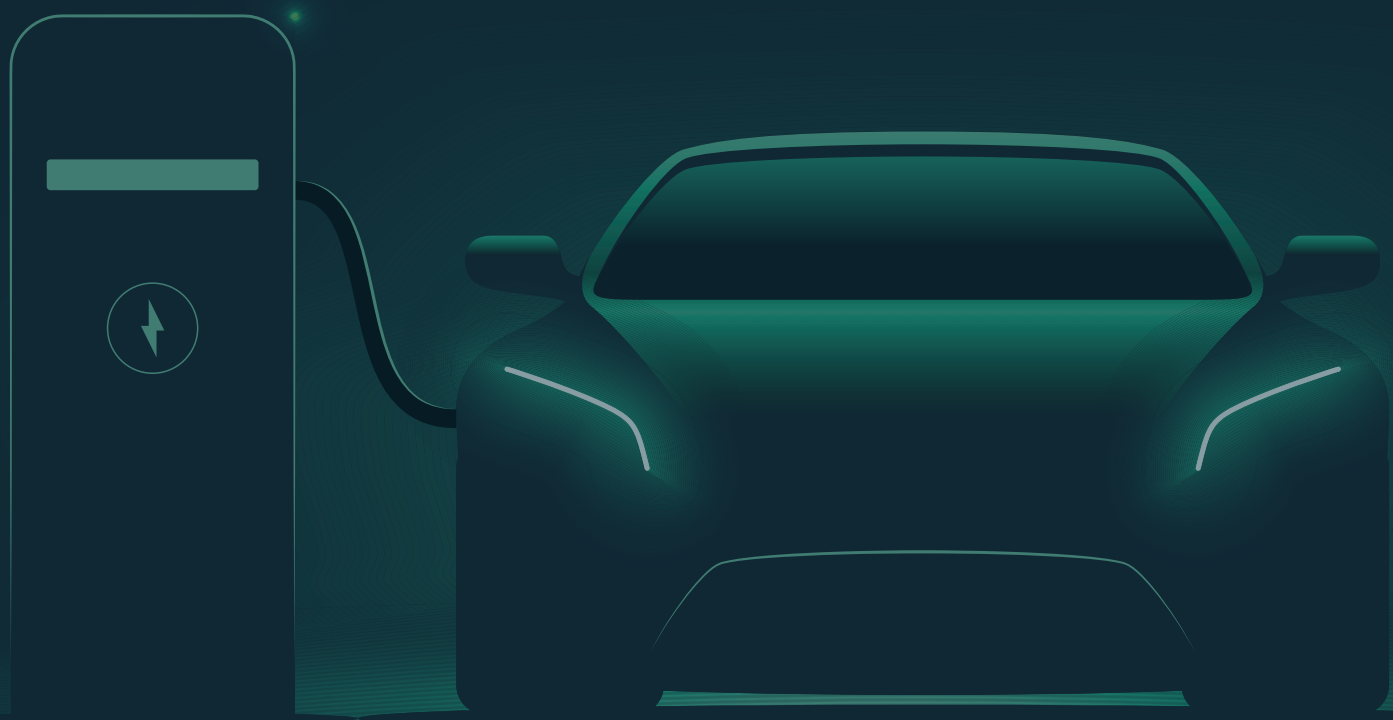


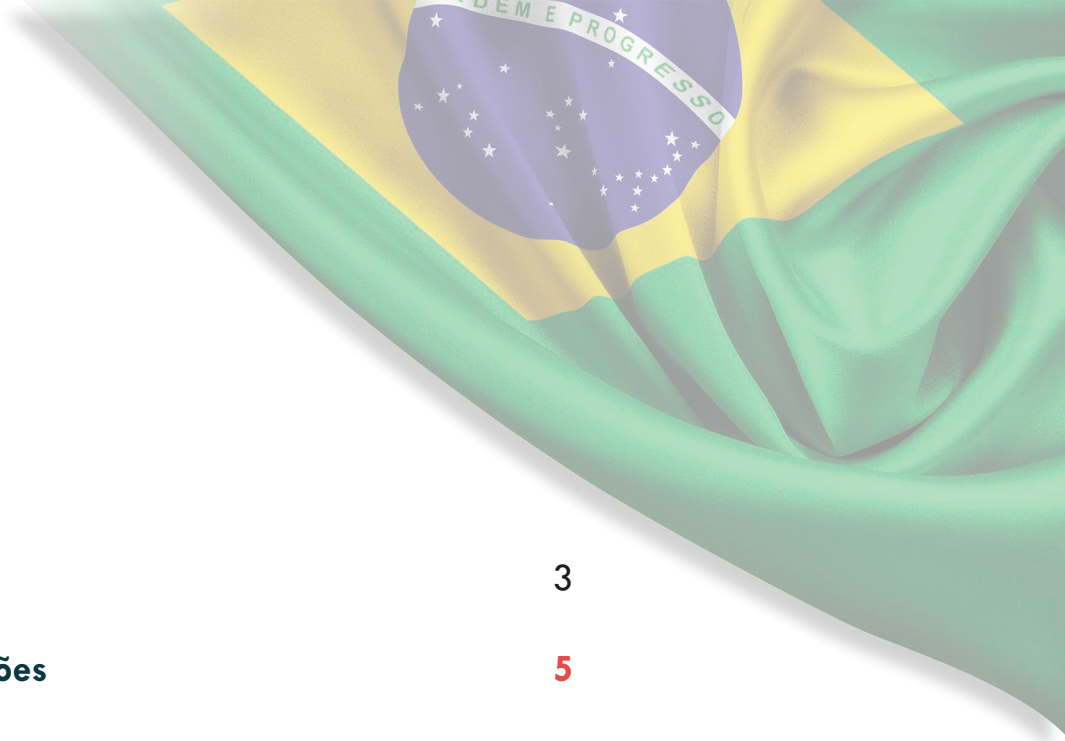


Salto estrutural para a energia elétrica

Os benefícios econômicos de uma política favorável a veículos elétricos

Brasil





Índice

Glossário	3
1 Principais conclusões	5
2 Sumário Executivo	7
3 Introdução	11
4 O argumento a favor da mudança: Por que o salto estrutural para veículos elétricos é uma necessidade econômica	12
5 Brasil: Benefícios econômicos e financeiros do salto estrutural para BEVs	32
6 Brasil: Preparação e oportunidades	39
7 Síntese e recomendações para formuladores de políticas públicas	53
8 Apêndice	55
Isenção de responsabilidade	59
Sobre a Carbon Tracker	60

Glossário

BEV (veículo elétrico a bateria, do inglês “battery electric vehicle”) – Veículo que se desloca exclusivamente por meio de uma bateria embarcada e de um ou mais motores elétricos. Não possui motor de combustão interna (ICE). A bateria pode ser recarregada conectando o veículo a uma fonte externa (por ex., um carregador de veículos elétricos).

Biocombustíveis – Combustíveis feitos de matéria orgânica de origem vegetal (por ex., cana-de-açúcar ou óleo de soja).

BOE (barris de óleo equivalente) – Utilizados para comparar quantidades de energia com base em um barril padrão de petróleo.

BRICS – O BRICS é uma organização intergovernamental composta por dez países: Brasil, China, Egito, Etiópia, Índia, Indonésia, Irã, Rússia, África do Sul e Emirados Árabes Unidos.

Cenário NZE – Cenário de Emissões Líquidas Zero (Net-Zero Emissions) até 2050 da Agência Internacional de Energia (IEA)

EV (veículo elétrico, do inglês “electric vehicle”) – Termo guarda-chuva para designar veículos que utilizam eletrificação (baterias e motor elétrico) para se locomover. O termo EV pode incluir veículos híbridos elétricos, veículos híbridos elétricos plug-in e veículos elétricos a bateria.

FCEV (veículo elétrico com célula de combustível, do inglês “fuel cell electric vehicle”) – Veículo elétrico que utiliza uma célula a combustível de hidrogênio para alimentar um motor elétrico embarcado.

Flex-fuel – Veículos que podem funcionar com uma mistura de etanol e gasolina.

GEE (Gases de Efeito Estufa) – Compostos gasosos (como dióxido de carbono ou metano) que absorvem a radiação infravermelha, retêm o calor na atmosfera e contribuem para o efeito estufa (por exemplo, CO₂, metano).

HDV – Veículos pesados (do inglês “heavy-duty vehicles”). Inclui ônibus, caminhões/veículos comerciais de porte médio e pesado.

ICE (motor de combustão interna, do inglês “internal combustion engine”) – Refere-se a um motor que produz energia queimando combustível líquido dentro do motor, sendo os mais comuns gasolina ou diesel, derivados de combustível fóssil, embora também possa operar com biocombustíveis ou misturas alternativas.

LDV – Veículos leves (do inglês “light-duty vehicles”). Inclui automóveis de passeio e veículos comerciais pequenos (por ex., vans).

OEM (fabricante de equipamentos originais, do inglês “original equipment manufacturer”) – Fabricante de veículos.

PHEV (veículo elétrico híbrido plug-in, do inglês “plug-in hybrid electric vehicle”) – Veículo híbrido elétrico plug-in que combina uma bateria recarregável com um motor de combustão interna, permitindo rodar apenas com energia elétrica por curtas distâncias antes de operar em modo híbrido.

TCO - Custo Total de Propriedade (do inglês “Total Cost of Ownership”) – O custo total da compra e operação de um veículo ao longo de sua vida útil.

ZEV (veículo de emissão zero, do inglês “zero-emission vehicle”) – Veículo que não emite poluentes pelo escapamento (Escopo 3, Categoria 11). Inclui veículos elétricos a bateria (BEVs) e veículos elétricos a célula a combustível de hidrogênio (FCEVs).

1 Principais conclusões

- **Risco econômico crescente da dependência de veículos ICE:** a dependência contínua do Brasil do transporte movido a gasolina e diesel expõe o país a mercados globais de petróleo voláteis, ao aumento dos gastos com importações à medida que a frota de veículos cresce e ao risco de ativos encalhados no refino, à medida que a demanda global por petróleo diminui ao longo da década de 2030.
- **Os biocombustíveis fazem parte do presente, mas não do futuro da matriz de transporte do Brasil:** os biocombustíveis desempenharão um papel no setor de transportes do Brasil, mas não são capazes de eliminar a dependência de combustíveis fósseis nem promover a descarbonização plena. A eletrificação por baterias é necessária para viabilizar benefícios econômicos e fiscais mais amplos.
- **A adoção acelerada de BEVs gera economias substanciais:** uma transição rápida evita o uso de 7,7 bilhões de BOE de combustível até 2050 (mais do que o Brasil exportou desde 2000) e gera US\$ 250 bilhões em redução nas importações de combustíveis fósseis.
- **A eletrificação melhora a saúde pública e reduz a pressão fiscal:** menores emissões de PM2.5 e NOx em um cenário de transição acelerada para BEVs evitam cerca de 1.400 mortes prematuras e geram, de forma acumulada, US\$ 250 milhões em economia com custos de saúde até 2050.
- **Os BEVs criam economias significativas relacionadas ao clima:** a redução das emissões pode evitar entre US\$ 75 milhões a US\$ 300 bilhões em danos econômicos até 2050, dependendo da taxa de desconto usada.
- **Riscos de aprisionamento em veículos ICE e passivos remanescentes associados:** dependendo do tipo de veículo, novos automóveis, ônibus e caminhões ICE impõem custos ao longo da vida útil de aproximadamente US\$ 4 mil a US\$ 100 mil por veículo, relacionados a combustíveis fósseis, saúde e clima.
- **A transição para BEVs é inevitável:** os mercados automotivos globais estão mudando rapidamente, criando tanto oportunidades quanto urgência para o Brasil. A escala da China reduziu os preços dos BEVs, e os OEMs chineses estão se expandindo internacionalmente, com a BYD a caminho de se tornar a maior produtora de BEVs do Brasil até 2030.
- **Políticas eficazes permitem uma transição rápida para BEVs:** dados da Etiópia, Nepal e Vietnã mostram que políticas robustas do lado da oferta podem acelerar rapidamente a adoção, mesmo em economias emergentes.
- **O Brasil tem vantagens estratégicas que favorecem um salto estrutural para BEVs:** grandes reservas de minerais-chave para baterias, uma matriz energética de baixo carbono e uma indústria automotiva já estabelecida colocam o Brasil em posição favorável para colher os benefícios de uma transição para BEVs.
- **A incerteza regulatória no Brasil desacelera os investimentos e traz o risco de aprisionar o país em tecnologias ultrapassadas:** políticas tributárias desiguais, tarifas de importação flutuantes e o apoio a híbridos baseados em biocombustíveis

- **Um arcabouço coordenado de políticas para BEVs entre os diferentes órgãos governamentais desbloquearia retornos econômicos e dividendos políticos:** regulações robustas do lado da oferta, investimentos em infraestrutura nacional de recarga e o alinhamento de incentivos fiscais voltados a BEVs posicionariam o Brasil como líder regional na fabricação automotiva de próxima geração, ao mesmo tempo em que reduziriam riscos econômicos de longo prazo.

A mensagem geral é que, desde que o governo consiga coordenar uma abordagem integrada de políticas entre os principais órgãos governamentais, trata-se de uma situação vantajosa para todos: para a economia, para o meio ambiente e a saúde pública, e para a posição estratégica e competitiva do Brasil no cenário internacional. Em suma, um dividendo triplo.

2 Sumário Executivo

O Brasil se encontra em um momento decisivo de seu desenvolvimento nos setores de transporte e industrial. Embora o país tenha se beneficiado de décadas de inovação em etanol e sistemas flex-fuel, a transição global para Veículos Elétricos a Bateria (BEVs, da expressão “Battery Electric Vehicles” em inglês) está se acelerando e remodelando as cadeias de valor automotivas. Este relatório apresenta os argumentos econômicos, fiscais e estratégicos mais amplos para que o Brasil realize um salto estrutural direto para os BEVs, evitando uma dependência prolongada de tecnologias de motor de combustão interna (ICE) e tirando proveito dos benefícios de um sistema de transporte mais limpo e competitivo.

Os custos da inação estão aumentando

A continuidade de um transporte rodoviário dominado por ICEs expõe o Brasil a riscos significativos de longo prazo. Apesar do crescimento da produção de petróleo a montante, o Brasil continua dependente de combustíveis refinados importados, desembolsando cerca de US\$ 10 bilhões em 2024 para atender à demanda por diesel e gasolina. Em uma trajetória de continuidade (doravante chamada de BAU, “Business As Usual” em inglês), essa conta anual de importações pode ultrapassar US\$ 30 bilhões até 2050; em 2023, os derivados de petróleo refinado representaram a maior despesa de importação em valor.

A expansão da capacidade doméstica de refino pode reduzir parte da exposição às importações, mas acarreta riscos econômicos significativos à medida que a demanda global por gasolina e diesel começa a cair a partir do início da década de 2030. Os investimentos feitos hoje entrariam em operação justamente quando os mercados se contraírem, aumentando a probabilidade de ativos subutilizados ou encalhados. Enquanto isso, o sistema flex-fuel existente no país, embora benéfico, não consegue descarbonizar totalmente o transporte e traz o risco de aprofundar ainda mais a consolidação das tecnologias ICE.

Dinâmica global e oportunidade industrial

O mercado automotivo global está atravessando um realinhamento estrutural. A China atualmente responde por 70% da produção global de BEVs e está exportando modelos acessíveis para todo o mundo. À medida que mercados ocidentais elevam tarifas sobre BEVs chineses, os exportadores passam a direcionar suas vendas para economias emergentes, incluindo o Brasil. A BYD já estabeleceu produção doméstica e deve se tornar a maior fabricante de BEVs do país até 2030.

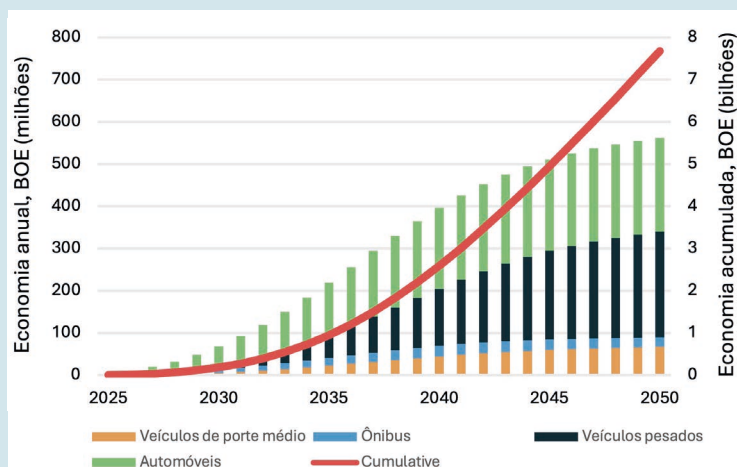
Outras economias emergentes, incluindo Etiópia, Nepal e Vietnã, demonstraram que incentivos fiscais direcionados, reformas nas importações e regulamentações do lado da oferta podem rapidamente direcionar os mercados para BEVs. O Brasil pode replicar essas lições em larga escala por meio de um salto estrutural para BEVs.

O salto estrutural para BEVs gera economias

A Carbon Tracker modelou a evolução da frota de veículos do Brasil em um cenário BAU (adoção modesta de BEVs, semelhante ao cenário STEPS da IEA) em comparação com um cenário de Transição Acelerada para BEVs (ABT). Os benefícios são os seguintes:

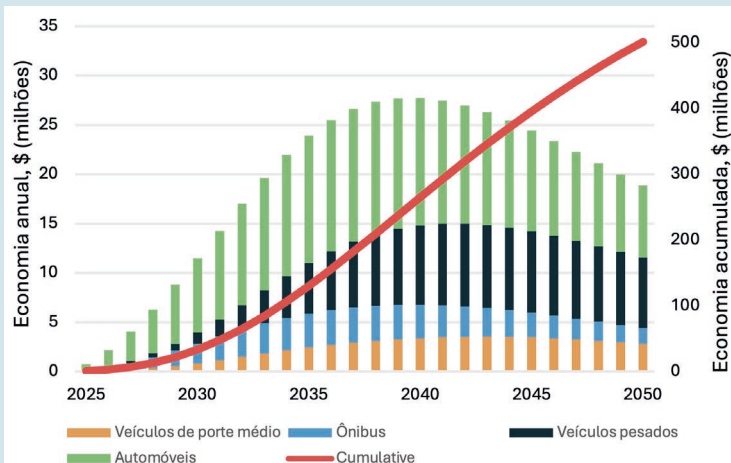
CENÁRIO: BENEFÍCIOS DE UMA TRANSIÇÃO ACELERADA PARA BEVS (ABT)

ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL FÓSSIL DA FROTA DE VEÍCULOS DO BRASIL - CENÁRIOS ABT VERSUS BAU (BOE)



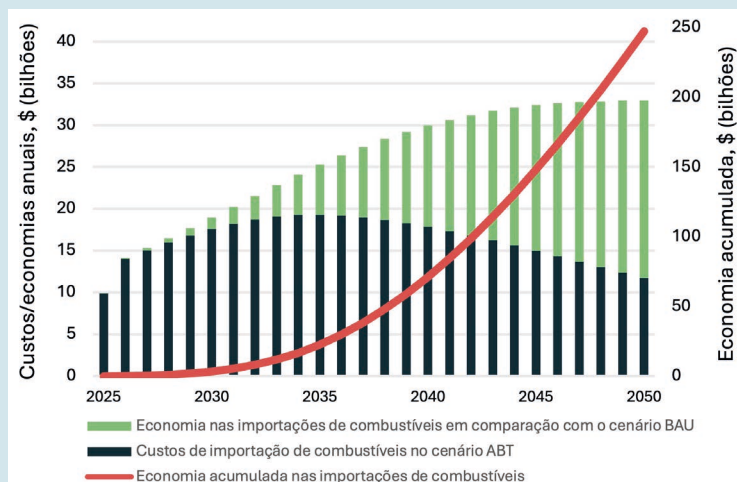
Sob o cenário ABT, o Brasil evita o uso de **7,7 bilhões de BOE** de combustíveis fósseis até 2050, o equivalente a mais do que as exportações acumuladas de petróleo do Brasil desde 2000

ECONOMIA NA IMPORTAÇÃO DE COMBUSTÍVEL DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO NO BRASIL - CENÁRIOS ABT VERSUS BAU (US\$)



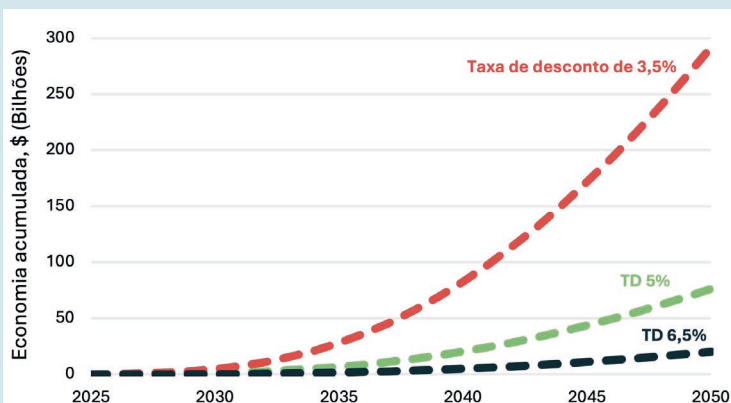
De forma acumulada até 2050, uma transição acelerada para BEVs no Brasil gera economias de **US\$ 250 bilhões** nas importações de combustíveis fósseis.

ECONOMIA DE CUSTOS DE SAÚDE NO BRASIL - CENÁRIOS ABT VERSUS BAU (US\$)



A redução das emissões de PM_{2,5} e NO_x gera **US\$ 250 milhões** em economia nos custos de saúde. Um ar mais limpo aumenta a produtividade e reduz a pressão sobre os orçamentos de saúde pública.

ECONOMIAS NO CUSTO SOCIAL DO CARBONO NO BRASIL - CENÁRIOS ABT VERSUS BAU (US\$)



Sob o cenário ABT, a redução das emissões da frota de veículos poderia evitar entre **US\$ 75 a US\$ 300 bilhões** em danos econômicos em relação ao BAU (taxas de desconto de 5% a 3,5%) até 2050.

Fonte: Carbon Tracker calculations, CALSTART.

A continuidade das vendas de veículos ICE cria passivos econômicos de longa duração para o Brasil, uma vez que cada novo veículo compromete o país a décadas de consumo de combustíveis fósseis, impactos à saúde e emissões de carbono. Nossa modelagem mostra que cada novo veículo ICE incorpora custos significativos ao longo de sua vida útil: **Cerca de US\$ 4 mil por automóvel de passeio, cerca de US\$ 47 mil por ônibus, cerca de US\$ 53 mil por caminhão de porte médio e cerca de US\$ 103 mil por caminhão pesado.**

PASSIVOS REMANESCENTES ASSOCIADOS – CUSTO DE APRISIONAMENTO NO BRASIL POR NOVO VEÍCULO ICE

Custos de “aprisionamento” por novo veículo ICE	 Combustíveis fósseis	 Custos de saúde	 SCC (Custo Social do Carbono)	 Total
 Automóvel de passeio	US\$ 3,5	<US\$ 0,1	US\$ 0,8	US\$ 4,3
 Ônibus	US\$ 36,2	US\$ 0,2	US\$ 10,5	US\$ 46,8
 Veículo de porte médio	US\$ 42,3	US\$ 0,1	US\$ 10,9	US\$ 53,3
 Veículo pesado	US\$ 79,1	US\$ 0,2	US\$ 23,5	US\$ 102,8

Fonte: Carbon Tracker.

Observações: Custos de aprisionamento calculados em um cenário BAU. Custos de SCC calculados com taxa de desconto de 5%.

Vantagens estratégicas do Brasil

O Brasil está bem-posicionado para liderar a transição para BEVs na América do Sul:

- **Uma matriz elétrica limpa:** 89% da eletricidade provém de fontes de baixo carbono, o que significa que cada novo BEV reduz as emissões a quase zero.
- **Abundância de minerais:** O Brasil possui grandes reservas de lítio, grafite, terras raras e bauxita, que são insumos essenciais para a fabricação de BEVs e baterias.
- **Capacidade industrial em expansão:** Uma base de produção automotiva de 2 milhões de unidades poderia ser reconfigurada e expandida para atender aos mercados doméstico e regional de BEVs.
- **Uma estrutura de custo de energia favorável:** A energia elétrica para BEVs já é a opção de combustível mais barata, a US\$ 3,58 por 100 km, para modelos típicos de BEVs.

A incerteza regulatória está atrasando o progresso

As políticas atuais enviam sinais contraditórios para consumidores e fabricantes:

- A reintrodução de impostos de importação sobre BEVs em 2024 elevou os preços iniciais.
- Programas com foco em biocombustíveis (por exemplo, o RenovaBio) trazem o risco de prolongar investimentos em ICE.
- Incentivos desiguais em nível estadual e a ausência de um cronograma nacional para a eliminação gradual dos ICE aumentam a imprevisibilidade.
- A implantação da infraestrutura de recarga é desigual, com apenas 17.000 carregadores em todo o país e forte concentração nos estados do Sudeste.

Um ambiente de políticas fragmentado traz o risco de desacelerar a trajetória de descarbonização do Brasil e atrasar os benefícios econômicos de uma transição para BEVs.

Um caminho claro a seguir

A análise econômica apresentada neste relatório destaca os amplos benefícios de um salto estrutural para BEVs. Uma estratégia nacional robusta e coerente, construída em torno de regulamentações fortes do lado da oferta, incentivos fiscais previsíveis, investimentos em redes de recarga e apoio à fabricação doméstica de BEVs, destravaria ganhos econômicos, sociais e ambientais, ao mesmo tempo em que posicionaria o Brasil como um polo automotivo de referência na América do Sul.

O Brasil já transformou com sucesso seu sistema de combustíveis em duas ocasiões anteriores, com o etanol na década de 1970 e os veículos flex-fuel nos anos 2000. Com ações decisivas hoje, o país pode liderar uma terceira transformação – uma que fortaleça a resiliência econômica, proteja a saúde pública e assegure competitividade de longo prazo em uma economia global cada vez mais eletrificada.

A oportunidade estratégica

Este relatório foi elaborado tendo como pano de fundo a projeção da relevância política do Brasil no cenário global. Tendo sediado a COP30, o Brasil continuará a exercer a Presidência até a COP31, na Turquia, em novembro de 2026. O governo brasileiro, portanto, continuará a ter grandes oportunidades de influenciar o debate internacional e regional sobre clima e transição energética.

Além disso, o Brasil está bem-posicionado no âmbito do BRICS para exercer liderança na transição para uma economia de baixo carbono. Uma estratégia econômica que tenha como núcleo um conjunto de medidas de política pública voltadas a acelerar a consolidação de um mercado de BEVs pode gerar importantes ganhos políticos e estratégicos para o Brasil, além de todos os claros benefícios econômicos.

3 Introdução

Este relatório faz parte de uma série que analisa os benefícios econômicos e financeiros de permitir que veículos elétricos a bateria (BEVs) realizem um salto estrutural em relação aos veículos com motor de combustão interna (ICE) em economias emergentes. O termo “salto estratégico” refere-se a um desvio estratégico - não no sentido de sugerir que esses países nunca tenham desenvolvido frotas de veículos ICE, mas que podem acelerar a superação da dependência de combustíveis fósseis ao criar as condições adequadas para que os BEVs ultrapassem os veículos ICE no mercado.

Economias emergentes podem usar o legado da infraestrutura e dos mercados de ICE como trampolim, aplicando políticas direcionadas, investimentos e inovação para impulsionar soluções de transporte mais limpas e eficientes. O salto estrutural, portanto, não se trata de evitar o passado, mas de utilizá-lo como alavanca para avançar mais rapidamente rumo a ganhos econômicos e ambientais.

A dependência de veículos ICE é onerosa e cada vez mais arriscada. Ela vincula os países a contas voláteis de importação de combustíveis fósseis, drena reservas em moeda estrangeira, agrava a poluição do ar e seus custos associados à saúde e aprisiona as economias em tecnologias que os mercados globais já estão eliminando gradualmente. Sem uma política deliberada do tipo “EV-first” (dando prioridade a veículos elétricos), países que se movem mais lentamente correm o risco de se tornar o destino padrão para tecnologias obsoletas, sobrecarregados por ativos encalhados e custos mais elevados. Em contraste, o salto estrutural para BEVs oferece o potencial de contornar esses obstáculos e assegurar benefícios econômicos, incluindo melhora da balança comercial, maior segurança energética, menores custos operacionais para os consumidores, cidades mais limpas, geração de empregos em novas indústrias e acesso a financiamento verde.

A análise apresentada neste relatório foi concebida para fornecer aos formuladores de políticas argumentos baseados em evidências que demonstrem como regulamentações do lado da oferta (SSRs) robustas e intervenções direcionadas de política podem acelerar a transição para o desuso de veículos ICE, desbloqueando muitos ganhos econômicos tangíveis e intangíveis. Os formuladores de políticas podem utilizar este relatório para compreender tanto os custos de persistir com frotas de veículos baseadas em ICE quanto as oportunidades que surgem de uma mudança antecipada e decisiva para BEVs, tudo isso no contexto estratégico internacional e regional mais amplo.¹

Os oito países abrangidos por esta série de relatórios são: Brasil, Colômbia, Chile, México, Indonésia, Etiópia, Quênia e África do Sul.

¹ O relatório não intenciona oferecer um roteiro completo para a transição para o transporte elétrico. Seu escopo está deliberadamente concentrado nos benefícios econômicos, financeiros e sociais do salto estrutural de ICE para BEVs. A Carbon Tracker reconhece que uma transição bem-sucedida exigirá políticas coordenadas que vão além do próprio setor automotivo, incluindo investimentos em redes elétricas, energia renovável, infraestrutura de recarga e capacitação da força de trabalho. As SSRs para eliminar gradualmente as vendas de veículos ICE devem ser acompanhadas de políticas de apoio e investimentos em setores correlatos para garantir sua viabilidade.

4 O argumento a favor da mudança: Por que o salto estrutural para veículos elétricos é uma necessidade econômica

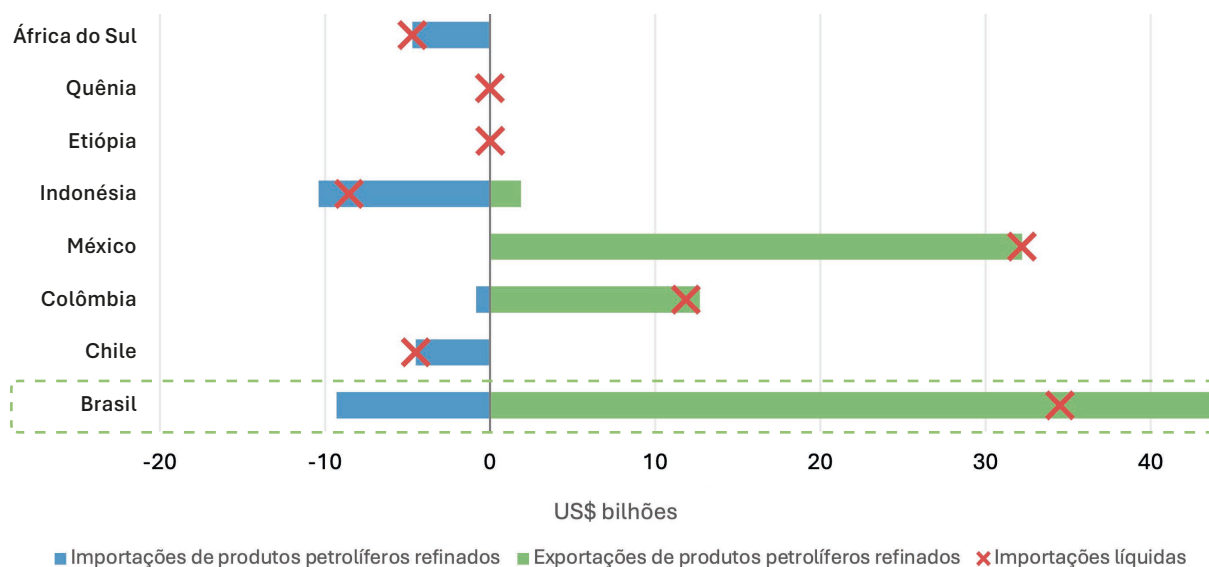
4.1 Os custos da inação

4.1.1 Dependência contínua de combustíveis fósseis

Resumo para formuladores de políticas

- **Drenagem econômica:** A dependência de petróleo e diesel gera riscos econômicos de longo prazo e impulsiona a maior saída de capital do Brasil associada às importações.
- **Exposição à volatilidade:** A capacidade limitada de refino do Brasil e o crescimento da frota de veículos aumentam a vulnerabilidade às flutuações globais dos preços do petróleo.
- **Riscos de aprisionamento:** A continuidade da dependência brasileira de combustíveis fósseis aprisiona o país à dependência de importações externas, expõe a economia a pressões cambiais e amplia os desequilíbrios comerciais.
- **Da segurança de suprimento ao risco de sobrecapacidade:** Embora o aumento da produção doméstica de petróleo bruto e novos projetos de refino reduzam, no curto prazo, a dependência de gasolina e diesel importados, esses investimentos permanecem fortemente expostos a ameaças estruturais.
- **Os biocombustíveis têm limites:** A política de biocombustíveis do Brasil reduziu as importações de petróleo e apoiou a agricultura, mas sua ampliação exige uso intensivo de terra, colocando em risco a segurança alimentar e os preços, e não consegue alcançar a descarbonização plena.

A dependência das economias emergentes de veículos ICE e a dependência associada de combustíveis fósseis (isto é, petróleo e diesel) as expõem a riscos de longo prazo e a saídas significativas de moeda forte (por exemplo, USD). Apesar da presença de grandes países produtores de petróleo no Sul Global, todas as economias emergentes consideradas nesta série de relatórios são importadoras líquidas de combustíveis para transporte para atender à demanda. As importações de combustíveis para transporte constituem o maior componente, em valor, das saídas de capital e de moeda estrangeira para cada país analisado nesta série de relatórios (Figura 1).

FIGURA 1 BALANÇA COMERCIAL DE PRODUTOS PETROLÍFEROS REFINADOS (2023, US\$ BILHÕES)


Em todos os oito países, os produtos petrolíferos refinados constituem a **maior importação em valor**.

Fonte: The Observatory of Economic Complexity, Carbon Tracker.

Observações: Dados de 2023 (dados mais recentes disponíveis). Desde a publicação desses dados, a [África do Sul](#), a [Indonésia](#), o [Brasil](#) e o [México](#) aumentaram ou planejaram aumentar sua capacidade de refino, com o México liderando o crescimento da capacidade de refino em nível global.

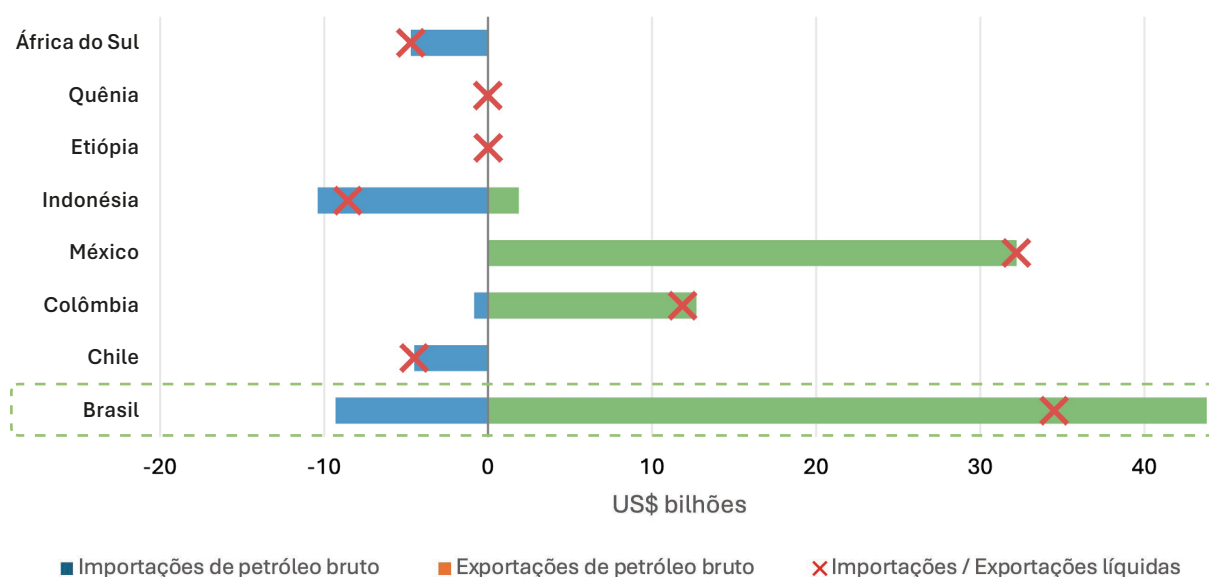
Como a capacidade doméstica de refino de petróleo não consegue atender à demanda por combustíveis em muitas economias emergentes, as importações líquidas de combustíveis tendem a permanecer uma despesa significativa e uma dependência contínua, especialmente à medida que o tamanho das frotas de veículos cresce. Importadores líquidos são tomadores de preço de combustíveis para transporte, com preços determinados por fatores de mercado fora de seu controle (preços globais do petróleo, OPEP, etc.). O crescimento adicional das frotas de ICE continuará a aprisionar as economias emergentes aos combustíveis fósseis e à dependência de outros países para atender às futuras demandas por combustíveis para transporte.

A ampliação da capacidade de refino é uma solução rudimentar para as importações de derivados de petróleo

O Brasil tem reservas significativas de petróleo bruto e está expandindo a produção a montante em² 15% por meio de projetos em águas profundas de alto custo e longo prazo (consulte o [Perfil da Petrobras](#) na Carbon Tracker). Ainda assim, essa mesma dependência das exportações de petróleo deixa a economia extremamente exposta a flutuações cambiais, à volatilidade do preço do petróleo e, a partir do início da década de 2030, a um declínio estrutural da demanda global por petróleo³ que ameaça uma fonte vital de divisas e de receita fiscal.

Atualmente, a importação de aproximadamente 20 a 25% de sua gasolina e diesel fornece ao Brasil uma proteção natural parcial: as saídas associadas a produtos refinados são ao menos parcialmente compensadas pelas receitas de exportação de petróleo bruto. A construção de nova capacidade doméstica de refino (Figura 2) reduziria a exposição à volatilidade das margens de refino e aos custos de importação de produtos, mas não protegeria o Brasil da queda da demanda global por petróleo. Ao contrário, isso aprisionaria bilhões de dólares em infraestrutura de longa duração vinculada a um combustível que está rapidamente perdendo competitividade.

FIGURA 2 BALANÇA COMERCIAL DE PETRÓLEO BRUTO (2023, US\$ BILHÕES)



Para os exportadores de petróleo bruto, a expansão da capacidade de refino pode reduzir as exportações de petróleo bruto e a dependência de importações de combustível refinado, mas isso acarreta **riscos adicionais inerentes**.

Fonte: The Observatory of Economic Complexity, Carbon Tracker.

Observações: Dados de 2023 (dados mais recentes disponíveis). A [Etiópia](#) fez sua estreia nos mercados globais de petróleo em 2025. O [Quênia](#) também planeja iniciar a produção de petróleo bruto em 2026.

² A Petrobras, empresa estatal de petróleo do Brasil, tem um preço de equilíbrio de US\$ 31,7 por barril, em comparação com US\$ 12,7 por barril e US\$ 15,2 por barril na Arábia Saudita e nos Emirados Árabes Unidos, respectivamente.

³ World Energy Outlook 2025 da IEA.

Uma transição rápida para veículos elétricos a bateria é superior à construção de capacidade adicional de refino como forma de internalizar a demanda brasileira por combustíveis para transporte. A chegada de BEVs chineses de baixo custo já está acelerando a eletrificação; à medida que sua participação de mercado aumenta, a demanda doméstica por gasolina e diesel cairá acentuadamente, enquanto o custo operacional drasticamente menor da energia elétrica força os preços locais dos combustíveis a cair para se manterem competitivos. Os volumes em colapso e as margens comprimidas (frequentemente já estreitas) são um golpe duplo para os refinadores, aumentando significativamente a probabilidade de que quaisquer novas refinarias se tornem ativos encalhados muito antes do fim de sua vida útil de projeto.

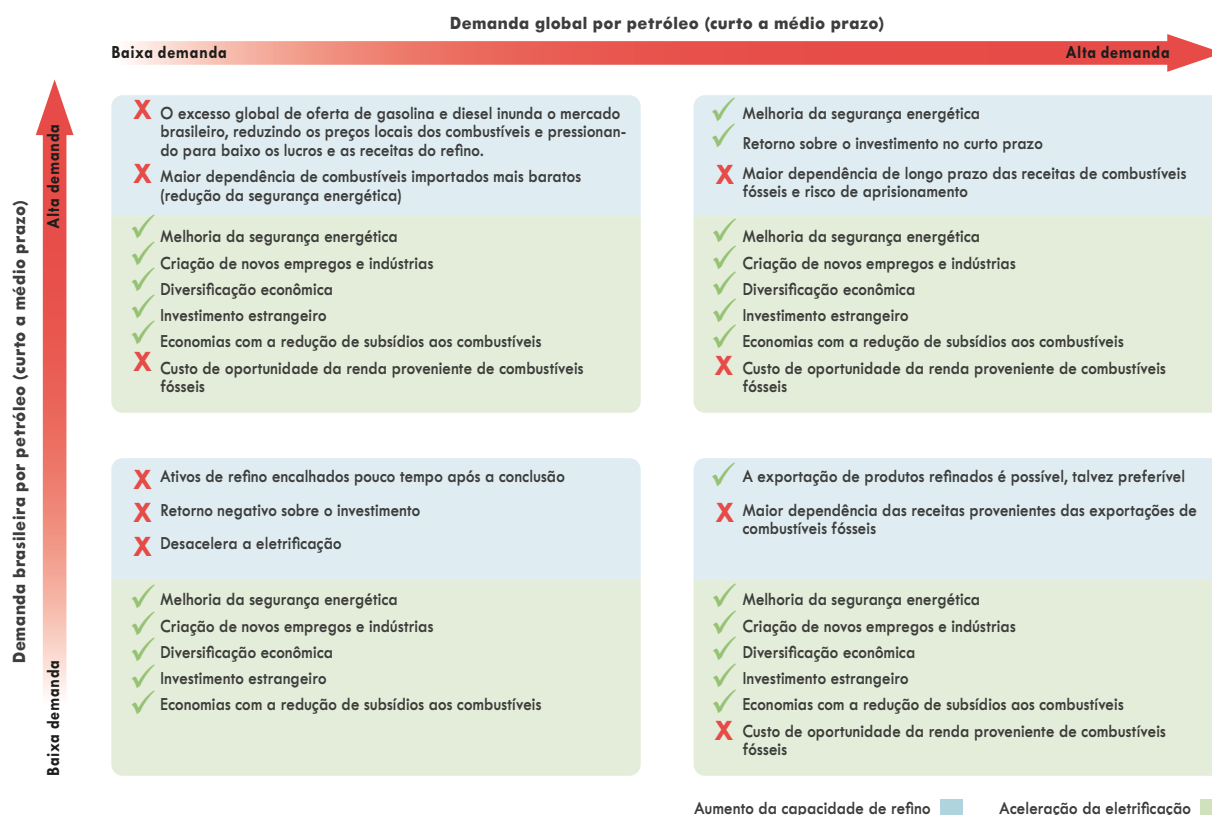
Esse risco é agravado pelo fator tempo e por tendências específicas do Brasil. A maioria das refinarias planejadas entraria em operação apenas no início ou meados da década de 2030, exatamente quando **se espera amplamente que a demanda global por petróleo atinja seu pico e depois entre em declínio ao longo da década de 2040**⁴. Ao mesmo tempo, o programa de biocombustíveis do Brasil, líder mundial, e o aumento das exigências de etanol e biodiesel (ver Seção 6) já estão substituindo gasolina e diesel, mesmo sem a adoção generalizada de BEVs. Embora as refinarias possam, em teoria, ser configuradas para maior produção petroquímica, a conversão profunda é intensiva em energia, enfrenta forte concorrência de matérias-primas mais baratas baseadas em gás natural em outras regiões e, ainda assim, não consegue salvar a grande fração do barril destinada a combustíveis para transporte⁵. Ampliar a capacidade de refino hoje equivale, portanto, a apostar bilhões de capital público e privado em uma eletrificação persistentemente lenta no mercado doméstico e internacional, uma aposta que as tendências atuais de mercado e tecnologia tornam cada vez mais improvável de se pagar (Tabela 1).

4 World Energy Outlook 2025 da IEA

5 [Petrochemical Imbalance: Why chemicals are unlikely to prop up oil demand \(Desequilíbrio petroquímico: por que é improvável que os produtos químicos sustentem a demanda por petróleo\) – Carbon Tracker, páginas 16-25](#)

TABELA 1

EFEITOS FINANCEIROS E ECONÔMICOS DO AUMENTO DA CAPACIDADE DE REFINO VS ACELERAÇÃO DA ELETRIFICAÇÃO SOB DIFERENTES CENÁRIOS DE DEMANDA POR PETRÓLEO

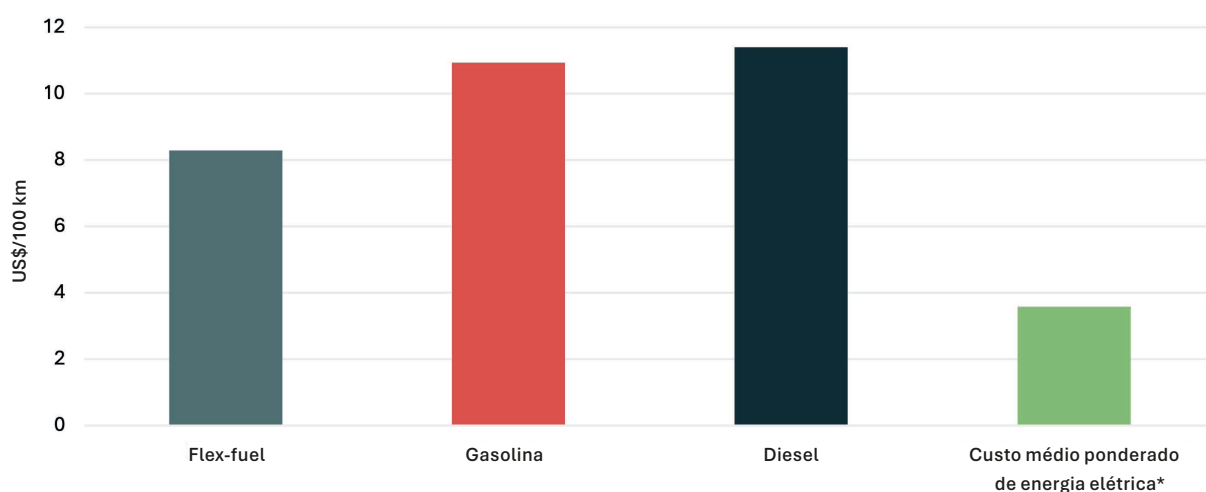


Fonte: Carbon Tracker

A economia dos BEVs reduz a necessidade de refinarias

No Brasil, com base no BYD Dolphin (o BEV mais popular do país), a energia elétrica é a opção de combustível mais barata para veículos de passeio, a US\$ 3,58 por 100 km, metade do custo dos atuais veículos flex-fuel (Figura 3). Isso cria um fator de atração em direção aos BEVs, que tende a se fortalecer à medida que a tecnologia dos BEVs avança. À medida que a participação de mercado dos BEVs aumenta, haverá pressão adicional sobre a demanda por petróleo, **colocando pressão sobre quaisquer refinarias recém-desenvolvidas**.

FIGURA 3 CUSTO PARA PERCORRER 100 KM POR TIPO DE COMBUSTÍVEL NO BRASIL (AUTOMÓVEL DE PASSEIO)



Fonte: IEA, BYD, Cálculos da Carbon Tracker.

Observações: *Com base nos preços atuais da eletricidade no Brasil, o custo para um veículo elétrico percorrer 100 km é de apenas US\$ 2,52 quando carregado em residências, menos de um terço do custo dos combustíveis flex-fuel. O carregamento rápido CC utilizando infraestrutura pública é mais caro, a US\$ 7,79 por 100 km, mas, considerando que aproximadamente 80% do carregamento de BEVs é feito em casa, isso eleva o **custo médio ponderado de 100 km chega a US\$ 3,58 para BEVs**.

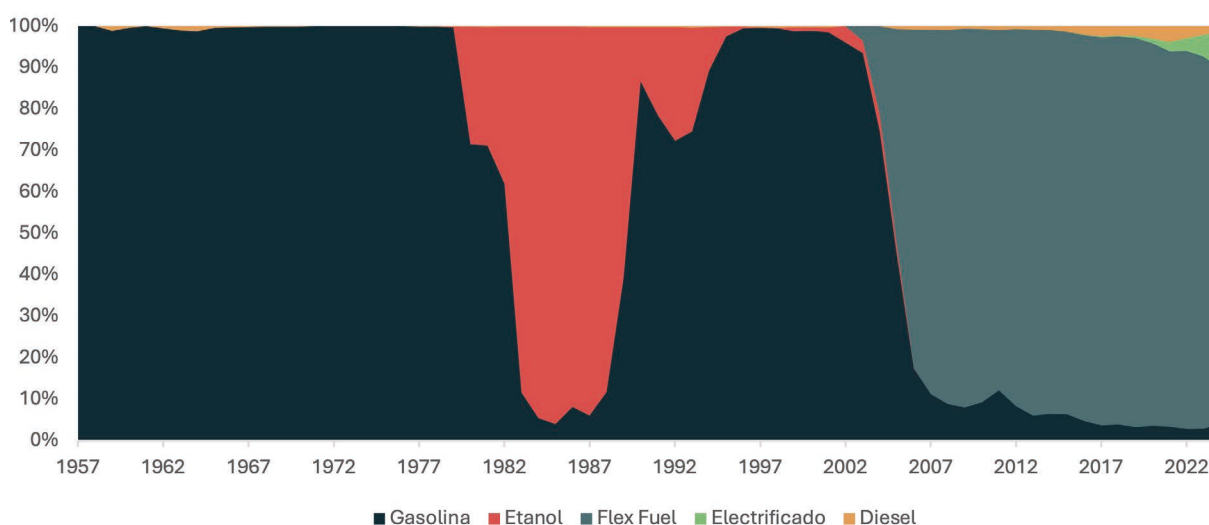
Com os BEVs sendo mais baratos e mais limpos do que os ICE, sua dominância no longo prazo parece assegurada; a única questão real é a velocidade com que crescerão e substituirão os veículos ICE. Uma transição mais rápida pode não apenas gerar maiores benefícios no longo prazo, mas também oferecer resiliência de curto prazo a fatores globais.

Biocombustíveis no Brasil

A estratégia de biocombustíveis de longa data do Brasil reduziu as importações de petróleo e apoiou as economias rurais (ver Apêndice para a história dos biocombustíveis no Brasil), mas também evidencia os limites de transições incrementais. Décadas de uso de etanol e de veículos flex-fuel (uma mistura de etanol e gasolina) apenas isolaram parcialmente o país da volatilidade dos preços do petróleo e não eliminaram a dependência de combustíveis fósseis no transporte. Embora os veículos flex-fuel dominem as vendas (85% em 2024, ver Figura 4), a eletrificação vem ganhando espaço como o caminho mais claro para a segurança energética de longo prazo, menores custos e descarbonização plena.

A Carbon Tracker reconhece que os biocombustíveis permanecerão parte da matriz de combustíveis veiculares ao menos no médio prazo, mas que os veículos elétricos a bateria devem compor a maior parte da frota para maximizar os benefícios econômicos detalhados neste relatório (ver Seção 5).

FIGURA 4 PARTICIPAÇÃO POR TIPO DE MOTORIZAÇÃO NAS VENDAS DE AUTOMÓVEIS DE PASSEIO NOVOS NO BRASIL (1957-2024)



Fonte: ANFAVEA

Políticas governamentais e subsídios posicionaram o etanol e o biodiesel como combustíveis-chave de baixo carbono, e o uso de biocombustíveis no transporte gerou reduções nas emissões de CO₂⁶. No entanto, os biocombustíveis têm suas limitações:

Limitações econômicas e de sustentabilidade dos biocombustíveis

- **Custos crescentes com a escala:** A ampliação dos biocombustíveis de uma mistura obrigatória de 14% para 100% em caminhões pesados exigiria a conversão de 25% do território brasileiro^{7,8}. A expansão para 100% de biocombustíveis em todos os tipos de veículos é, portanto, inviável.
- **Custo de oportunidade:** Com 26,6% do território brasileiro já destinado à agricultura⁹, a conversão de áreas para ampliar a produção de biocombustíveis colocaria em risco preços mais elevados de alimentos e reduziria as receitas de exportação.
- **Não é net zero (zero líquido):** Os biocombustíveis não são neutros em emissões, devido às emissões provenientes dos processos produtivos e do uso da terra¹⁰.

Dessa forma, os BEVs devem compor a maior parte da frota de veículos para destravar os benefícios econômicos e de sustentabilidade. A sensibilidade dos consumidores a preços e políticas governamentais robustas ajudaram, no passado, os biocombustíveis a ganhar destaque no Brasil. Ações decisivas agora podem replicar esse movimento com tecnologias de BEVs e tornar o Brasil líder nos mercados de BEVs.

6 Entre 1975 e 2025, o uso de etanol evitou 828 milhões de toneladas de emissões de CO₂: 39 a 46% a menos do que os veículos a petróleo. Danilo R. et al, 2025.

7 Atualmente, cerca de 5% do território brasileiro é destinado ao cultivo de soja, principal fonte de biodiesel.

8 Instituto AR, Transição do Brasil para o transporte de caminhões com emissão zero.

9 [Banco Mundial, Terras agrícolas \(% da área terrestre\) - Brasil](#)

10 As emissões “do poço à roda” (WTW) do etanol são de aproximadamente 0,42 kg de CO₂e/l segundo cálculos da Carbon Tracker.

4.1.2 Aumento dos custos de saúde

Resumo para formuladores de políticas

- **A dependência de ICE é onerosa para a saúde pública:** A poluição do ar proveniente de veículos movidos a gasolina e diesel provoca internações hospitalares, perda de produtividade e mortes prematuras, elevando os gastos com saúde pública.
- **Combustíveis mais limpos comprovam o retorno:** A eliminação global da gasolina com chumbo economizou US\$ 2,45 trilhões por ano e salvou 1,2 milhão de vidas, demonstrando os ganhos econômicos de tecnologias mais limpas.
- **Os BEVs reduzem custos fiscais e de saúde:** A eletrificação reduz as emissões de material particulado (PM) e de óxidos de nitrogênio (NO_x), diminuindo mortes e encargos sobre o sistema de saúde, avaliados em R\$ 3,3 milhões por vida salva¹¹.
- **Um dividendo triplo:** A transição para BEVs reduz os custos estruturais de saúde do Brasil, fortalece a resiliência econômica e gera ganhos climáticos e ambientais mais amplos.

A dependência contínua de veículos ICE impõe um ônus econômico significativo e recorrente. Além das emissões de gases de efeito estufa (GEE), poluentes emitidos pelo escapamento, como PM e NO_x, geram elevados custos em saúde ao provocar internações hospitalares, perda de produtividade e mortes prematuras. Esses efeitos se traduzem diretamente em maiores gastos governamentais com serviços de saúde, ao mesmo tempo em que reduzem a participação de longo prazo da força de trabalho e a produção econômica.

Estudo de caso: O valor econômico de combustíveis mais limpos

O caso histórico da gasolina com chumbo demonstra a magnitude dessas externalidades. A eliminação global dos combustíveis com chumbo, concluída em 2021, é estimada em evitar mais de 1,2 milhão de mortes por ano e gerar mais de US\$ 2,45 trilhões em benefícios econômicos anuais¹². Esse exemplo destaca o retorno econômico de tecnologias mais limpas: ganhos em saúde pública se traduzem em economias fiscais substanciais e aumento da produtividade.

Embora os veículos ICE modernos sejam mais limpos do que seus antecessores, suas emissões agregadas continuam a impor custos mensuráveis à economia brasileira. Se as vendas de veículos ICE continuarem, os custos em saúde aumentarão. Uma frota crescente de veículos ICE implica maiores emissões de PM e NO_x, impulsionando mais casos de doenças relacionadas à poluição e mortalidade prematura: a transição para BEVs reduziria esses custos ao diminuir a exposição a poluentes. Nossa análise quantifica esse benefício ao modelar concentrações de poluentes sob cenários alternativos de frota, estimar as mudanças correspondentes na mortalidade prematura e nas internações hospitalares e converter esses resultados em termos monetários (Seção 5.2).

¹¹ Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Valor de uma vida estatística: uma revisão da literatura empírica para o Brasil, 2023.

¹² PNUMA, Era da gasolina com chumbo chega ao fim, eliminando uma grande ameaça à saúde humana e planetária

Para valorar esses benefícios, aplicamos o Valor de uma Vida Estatística (VSL), uma ferramenta econômica padrão utilizada para avaliar a disposição a pagar pela redução de riscos. No Brasil, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) estimou um VSL de R\$ 3,3 milhões em 2023. Atualizada para 2025 com base em dados de inflação do FMI e fatores de paridade do poder de compra do Banco Mundial, essa medida nos permite estimar os retornos fiscais e econômicos da adoção de BEVs.

Os resultados mostram que a eletrificação não é apenas uma estratégia climática, mas também uma que gera **benefícios econômicos**. Os custos de saúde evitados, as perdas de produtividade reduzidas e os gastos sociais mais baixos criam capacidade fiscal, enquanto a melhoria da qualidade do ar aumenta o capital humano a longo prazo.

No Brasil, a poluição do ar foi responsável por 326.478 mortes de 2019 a 2021¹³. Se as diretrizes da OMS para a qualidade do ar tivessem sido atendidas, 8.409 mortes (12,6% das mortes por causas naturais¹⁴) poderiam ter sido evitadas por ano apenas na cidade de São Paulo. Em termos econômicos, entre 2000 e 2019, o Brasil perdeu aproximadamente US\$ 268,05 bilhões devido a mortes prematuras causadas pela exposição a material particulado fino (PM2.5). Em seis cidades brasileiras selecionadas, as emissões veiculares foram responsáveis por pelo menos 40% das emissões de PM2.5¹⁵.

Em suma, **a transição para uma frota de BEVs oferece ao Brasil um dividendo triplo: mitiga o principal risco econômico de permanecer dependente de combustíveis fósseis, gera benefícios significativos para a saúde pública (com todas as implicações positivas disso para a economia) e proporciona ganhos climáticos e ambientais mais amplos.**

13 Air pollution, health and regulations in Brazil. Are we progressing? (Poluição do ar, saúde e regulamentações no Brasil. Estamos progredindo?) Rafael Junqueira Buralli, Patrick Connerton.

14 How Can the City of São Paulo Avoid More than 11,000 Annual Deaths? (Como a Prefeitura de São Paulo Pode Evitar Mais de 11.000 Mortes Anuais?) Institute for Global Health (ISGlobal), Barcelona

15 Emissões veiculares e concentrações de massa de PM2.5 em seis cidades brasileiras, Maria de Fátima Andrade et al., 2010.

4.1.3 Contabilizando o custo social do carbono

Resumo para formuladores de políticas

- **O carbono tem um custo econômico real:** Cada tonelada de CO₂ causará perdas econômicas decorrentes de danos climáticos, mesmo que esse custo não esteja precificado nos mercados.
- **Os mercados subestimam esse dano:** Aplicamos um Custo Social do Carbono (SCC) de US\$ 13/tCO₂ para equilibrar os impactos reais para a sociedade com taxas de desconto viáveis.
- **A taxa de desconto baixa é importante:** Uma taxa de desconto social de 5% (SDR) oferece um compromisso entre valorizar as gerações futuras e o que é viável para uma economia que se espera crescer rapidamente no médio prazo.
- **O salto estrutural para BEVs compensa:** Emissões evitadas significam perdas econômicas evitadas, protegendo o crescimento do Brasil, seus ecossistemas e a estabilidade fiscal.

A futura resiliência econômica do Brasil depende da compreensão dos custos ocultos e de longo prazo das emissões de carbono. Embora a precificação do carbono exista em 55 países, cobrindo 25% das emissões globais por meio de sistemas de comércio e 3% por meio de impostos sobre carbono, esses preços raramente refletem os reais danos à sociedade causados pelos GEEs. O preço do carbono também é subvalorizado nos mercados voluntários de carbono, nos quais empresas compensaram milhões de toneladas de CO₂, com custos médios de compensação de apenas US\$ 4,80 por tonelada em 2024. Isso é muito abaixo do preço de €72 do Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia.

Os economistas usam o **Custo Social do Carbono (SCC)** para capturar o impacto econômico total das emissões que impulsionam as mudanças climáticas, incluindo danos à infraestrutura causados por eventos climáticos extremos, perdas de produtividade e mortalidade decorrente de calor extremo. Diferentemente de preços de mercado ou impostos, o SCC expressa o valor do dano evitado por tonelada de CO₂ em dólares atuais, fornecendo uma métrica crucial para decisões de políticas públicas.

Um fator-chave nos cálculos do SCC é a taxa de desconto, que determina o quanto valorizamos hoje os danos futuros. Taxas de desconto mais baixas resultam em um valor presente mais elevado dos custos futuros e, assim, atribuem maior peso à proteção das gerações futuras, enquanto taxas de desconto mais altas reduzem o valor presente desses custos futuros e, portanto, priorizam as condições econômicas atuais. (Tabela 2).

TABELA 2 CUSTO SOCIAL DO CARBONO SOB DIFERENTES TAXAS DE DESCONTO

Taxa de desconto	SCC/t da EPA	SCC: Emissões de 2023 como % do PIB (GEE Total; CO ₂ entre parênteses)
1,5%	US\$ 442	41,4% (9,7%)
2,0%	US\$ 265	24,8% (5,8%)
2,5%	US\$ 160	15,0% (3,5%)
3,0%	US\$ 95	8,9% (2,1%)
3,77%*	US\$ 39	3,7% (0,9%)
5,0%	US\$ 13	1,2% (0,3%)

Fonte: EPA, Cálculos da Carbon Tracker

Observações: *Taxa média de desconto social recomendada em 17 países da América Latina¹⁶. As emissões excluem LULUCF ("Land Use, Land-Use Change and Forestry": emissões associadas ao uso da terra, às mudanças no uso da terra e às atividades florestais). Todos os GEEs podem ser valorados usando o SCC por meio de tCO_{2e}. Por exemplo, 1 t de CH₄ (metano) é cerca de 28 tCO_{2e}.

Diante do potencial de impactos climáticos irreversíveis, como pontos de inflexão de ecossistemas ou eventos climáticos catastróficos, o uso de uma taxa de desconto baixa é prudente. Devido à elevada expectativa de crescimento do Brasil e à alta taxa Selic (15%), **adotamos para esta análise¹⁷ uma taxa de desconto social de 5%, resultando em um SCC de US\$ 13/tCO₂. Embora isso resulte em um SCC relativamente baixo, oferece um compromisso entre a literatura acadêmica, que sustenta uma taxa de desconto mais baixa, e o que é viável para o governo brasileiro em discussões de política pública.**

As taxas de desconto social não refletem o risco de mercado

- **As taxas de desconto social refletem benefícios futuros:** As SDRs enfatizam os benefícios de impactos de políticas de longo prazo, ao contrário das taxas de desconto baseadas no mercado, que priorizam retornos de capital de curto prazo.
- **Priorização do bem-estar social:** As SDRs permitem que formuladores de políticas se concentrem no bem-estar social e em questões éticas, uma vez que riscos do capital privado e custos de oportunidade não entram no processo decisório.
- **As SDRs não estão correlacionadas com a política monetária de curto prazo:** A fim de comparar políticas ao longo de décadas, as SDRs têm por meta a estabilidade, diferentemente das taxas de curto prazo dos bancos centrais, que mudam em resposta aos mercados.

16 Moore, M. A., Boardman, A. E., & Vining, A. R. (2019). Social Discount Rates for Seventeen Latin American Countries: Theory and Parameter Estimation (Taxas de desconto social para dezessete países latino-americanos: teoria e estimativa de parâmetros).

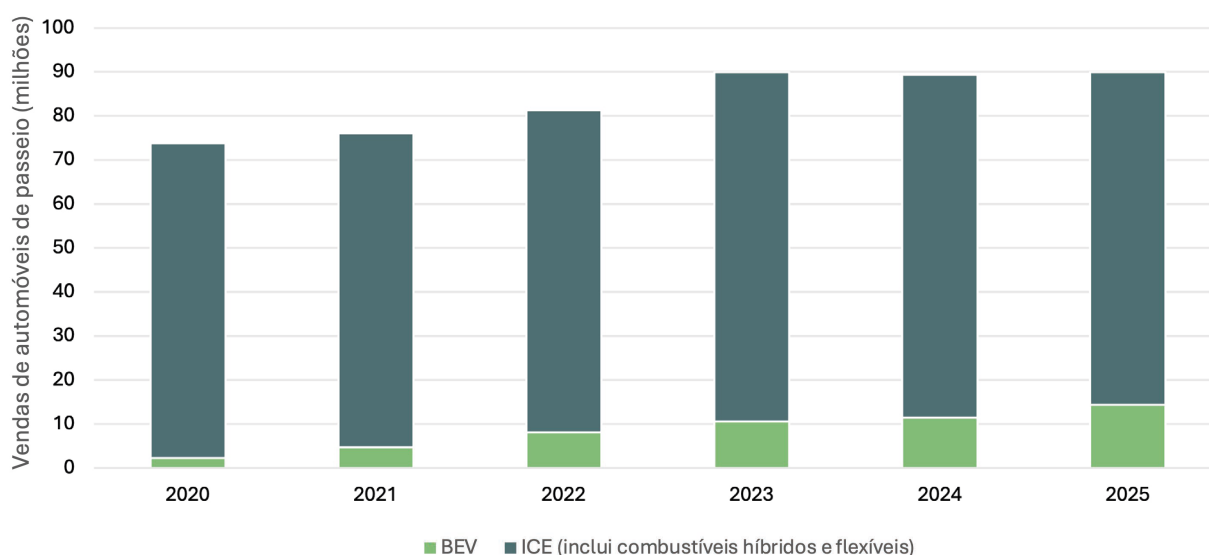
17 Trata-se de uma taxa de desconto social, adequada para uso governamental na formulação de políticas públicas, e que não reflete os riscos do capital privado, os quais exigiriam uma taxa de desconto mais elevada.

É importante observar que mesmo esse valor provavelmente subestima o custo real, pois não considera plenamente a perda de serviços ecossistêmicos dos quais depende mais da metade do PIB global. Para o Brasil, isso reforça uma implicação crítica de política pública: a saber, que cada tonelada de CO₂ evitada por meio da transição de veículos ICE para BEVs representa um benefício econômico mensurável: protegendo a infraestrutura, a produtividade e o capital natural, ao mesmo tempo em que resguarda o crescimento futuro.

4.2 Impulso rumo aos BEVs

O cenário automotivo global passa por uma mudança rápida e irreversível rumo à eletrificação. Desde o início da década, os BEVs passaram de um produto de nicho para um produto de massa (ver Figura 5), o que remodelou mercados, cadeias de valor e arcabouços regulatórios em todo o mundo. Esse impulso global traz implicações importantes para as economias emergentes: sinaliza uma janela cada vez mais estreita para se preparar para a mudança e uma oportunidade crescente de se beneficiar dela.

FIGURA 5 VENDAS GLOBAIS DE AUTOMÓVEIS DE PASSEIO POR MOTORIZAÇÃO (MILHÕES)



Fonte: GlobalData.

Observações: HEVs/PHEVs são classificados como veículos ICE. As vendas de automóveis de passeio em 2025 são projeções.

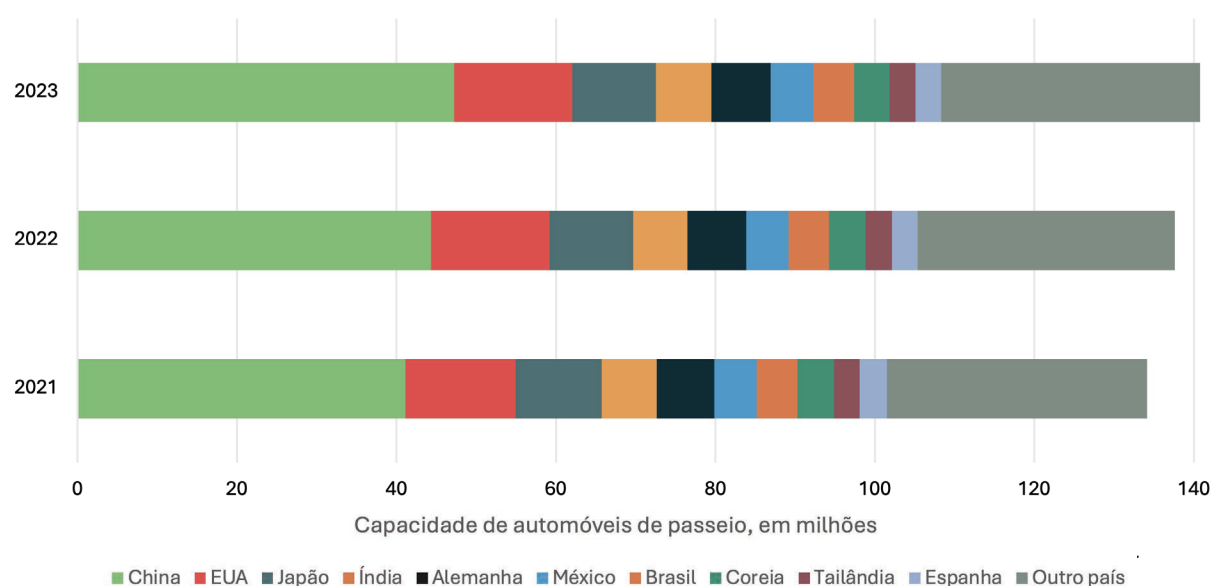
4.2.1 A escala dos BEVs na China: Um dividendo global

A rápida ascensão da China como líder global em BEVs remodelou a economia do transporte limpo em todo o mundo. Em pouco mais de uma década, a China construiu o maior mercado de BEVs do mundo, a mais extensa rede de infraestrutura de recarga e uma cadeia de suprimento de baterias verticalmente integrada que hoje domina a produção global. Embora essa transformação tenha sido impulsionada por políticas industriais e energéticas domésticas, seus benefícios se estenderam muito além das fronteiras chinesas, gerando um poderoso dividendo global em termos de acessibilidade dos BEVs, difusão tecnológica e resiliência das cadeias de suprimento.

Redução de custos por meio de escala

A escala da China tem sido o principal fator isolado na redução do custo global dos BEVs. A demanda doméstica massiva permitiu a rápida expansão da manufatura, reduzindo os custos de baterias e veículos por meio de economias de escala e curvas de aprendizado (ver Figura 6). O conjunto de baterias, por si só, normalmente responde por 30 a 50% do custo total de produção de um BEV, tornando-se de longe o maior e mais importante componente de custo. Em razão dessa predominância, os preços das baterias, que já foram a principal barreira à acessibilidade dos BEVs, caíram mais de 80% desde 2013¹⁸, em grande parte devido ao domínio esmagador da China na produção de células, componentes e no processamento de materiais-chave. Essa redução de custos está agora permitindo que economias emergentes acessem BEVs a preços antes impensáveis, acelerando suas próprias transições.

FIGURA 6 CAPACIDADE DE FABRICAÇÃO DE AUTOMÓVEIS DE PASSEIO POR PAÍS



Fonte: GlobalData

Expansão do acesso ao mercado

À medida que as montadoras chinesas avançam para além de seu mercado doméstico, elas estão exportando modelos de BEVs acessíveis para regiões emergentes, do Sudeste Asiático e da América Latina à África. Esses veículos, frequentemente projetados para consumidores sensíveis a preço e adaptados à infraestrutura local, estão ampliando o acesso à mobilidade elétrica em mercados onde os OEMs ocidentais têm alcance limitado. Para os formuladores de políticas, essa crescente diversidade de modelos e fornecedores aumenta a concorrência, melhora a acessibilidade e ajuda os mercados locais a ganharem tração inicial.

18 <https://about.bnef.com/insights/commodities/lithium-ion-battery-pack-prices-see-largest-drop-since-2017-falling-to-115-per-kilowatt-hour-bloombergnef/>

Construção de capacidade global de cadeia de suprimentos

Os investimentos da China na produção de baterias, na fabricação de componentes e na infraestrutura de BEVs catalisaram uma cadeia de suprimentos global que outros países agora podem aproveitar. As economias emergentes se beneficiam de menores custos de insumos, transferência de tecnologia e oportunidades de participação em cadeias de valor regionais, por exemplo por meio de montagem local, processamento de materiais para baterias ou parcerias em infraestrutura de recarga.

Lições de política pública para economias emergentes

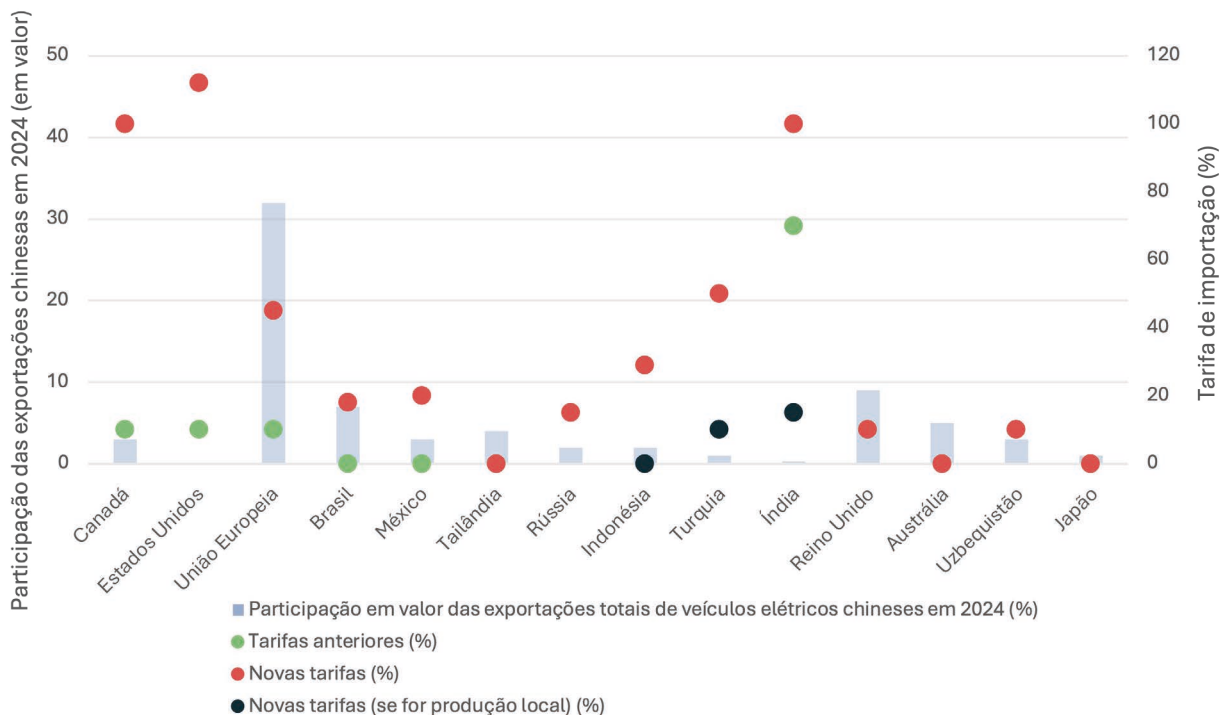
O caso de sucesso da China com BEVs evidencia o poder da coordenação industrial e da consistência de políticas públicas. Os sinais de longo prazo, de metas nacionais e subsídios a exigências de infraestrutura, criaram **previsibilidade para investidores e fabricantes**. A lição é clara para as economias emergentes: o apoio estratégico de políticas públicas, mesmo que limitado em escala, pode alinhar interesses públicos e privados para destravar oportunidades econômicas.

Em 2024, mais de 17 milhões de BEVs foram produzidos, dos quais 70% foram fabricados na China. No entanto, apenas 2% da produção de BEVs de OEMs chineses ocorreu fora da China. À medida que os EUA e a União Europeia impõem barreiras tarifárias, os OEMs chineses passaram a direcionar seus esforços para economias emergentes, mas a dependência de exportações diretas está se tornando insustentável. No Brasil, por exemplo, as importações de BEVs da China cresceram inicialmente 120% entre 2023 e 2024. No entanto, as vendas de BEVs começaram a cair no final de 2024 e foram menores no primeiro semestre de 2025 do que no mesmo período de 2024, devido à reintrodução de impostos de importação¹⁹. Para garantir participação específica de mercado e contornar essas barreiras comerciais, os OEMs chineses começaram a transitar de um modelo baseado em exportações para o estabelecimento de polos de fabricação local no país.

19 IEA EV Outlook 2025

FIGURA 7

MUDANÇAS NAS TARIFAS (%) SOBRE IMPORTAÇÕES DE VEÍCULOS ELÉTRICOS CHINESES EM REGIÕES SELECIONADAS, ANUNCIADAS DESDE 1º DE JANEIRO DE 2024



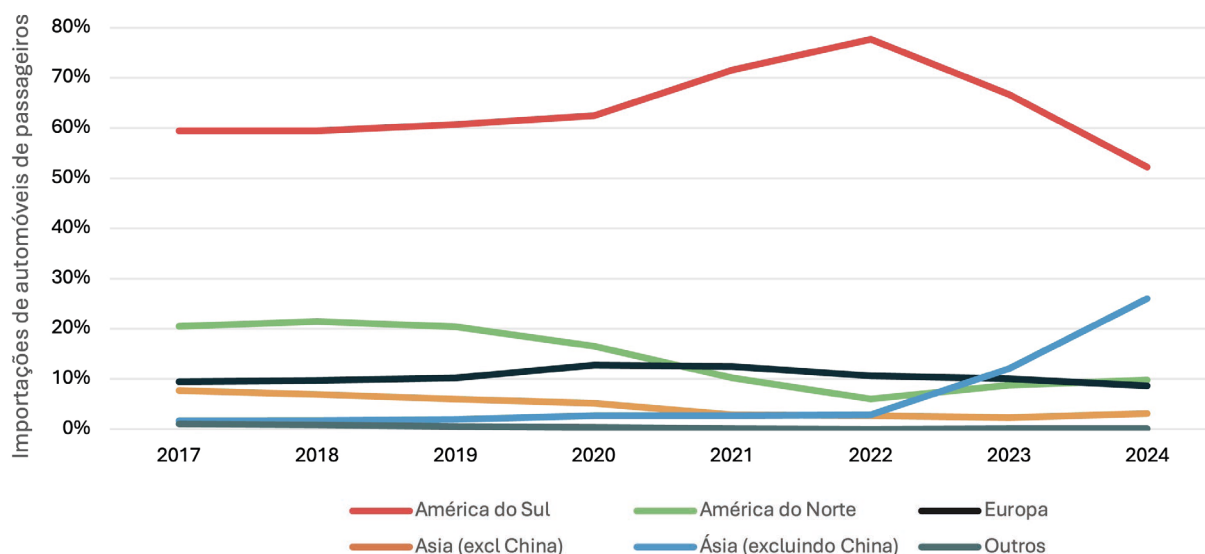
Fonte: IEA

O aumento das barreiras comerciais mostrado na Figura 7 terá dois impactos principais: primeiro, a China buscará nas economias emergentes uma parcela maior de suas exportações: as exportações para o México e o Sudeste Asiático cresceram 370% e 10%, respectivamente, em 2024. Segundo, os OEMs chineses buscarão expandir a capacidade de fabricação no exterior, em outros países, para evitar tarifas de importação: Fábricas da BYD no Brasil, na Turquia e na Hungria já estão produzindo automóveis, e a Chery passou a operar em uma antiga fábrica da Nissan na Espanha.

Influência chinesa no Brasil

A participação de mercado dos veículos chineses começa a crescer. As importações brasileiras de automóveis aumentaram quase 50% (150 mil unidades) desde 2018, e mais de 75% desse crescimento veio exclusivamente da China, o que a impulsionou a se tornar a segunda maior origem das importações de veículos. Isso se deve, em grande medida, à entrada de veículos elétricos de baixo custo em um período em que as tarifas de importação para BEVs e veículos de baixa emissão tinham sido reduzidas (Figura 8).

FIGURA 8 PARTICIPAÇÃO DAS IMPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE AUTOMÓVEIS DE PASSEIO POR ORIGEM



Fonte: ANFAVEA

Paralelamente a essa ascensão, a BYD inaugurou sua primeira unidade de fabricação de BEVs no Brasil, o que lhe permitirá assegurar participação de mercado, apesar da reintrodução das tarifas de importação. A capacidade prevista é de 30 mil veículos em 2025, aumentando para 150 mil até 2030²⁰, tornando a empresa a maior produtora de BEVs do Brasil. Em comparação, espera-se que os OEMs já estabelecidos produzam apenas 25 mil BEVs até 2030, apesar de uma capacidade total de fabricação superior a 2 milhões de unidades por ano²¹.

4.2.2 Um mundo de cabeça para baixo

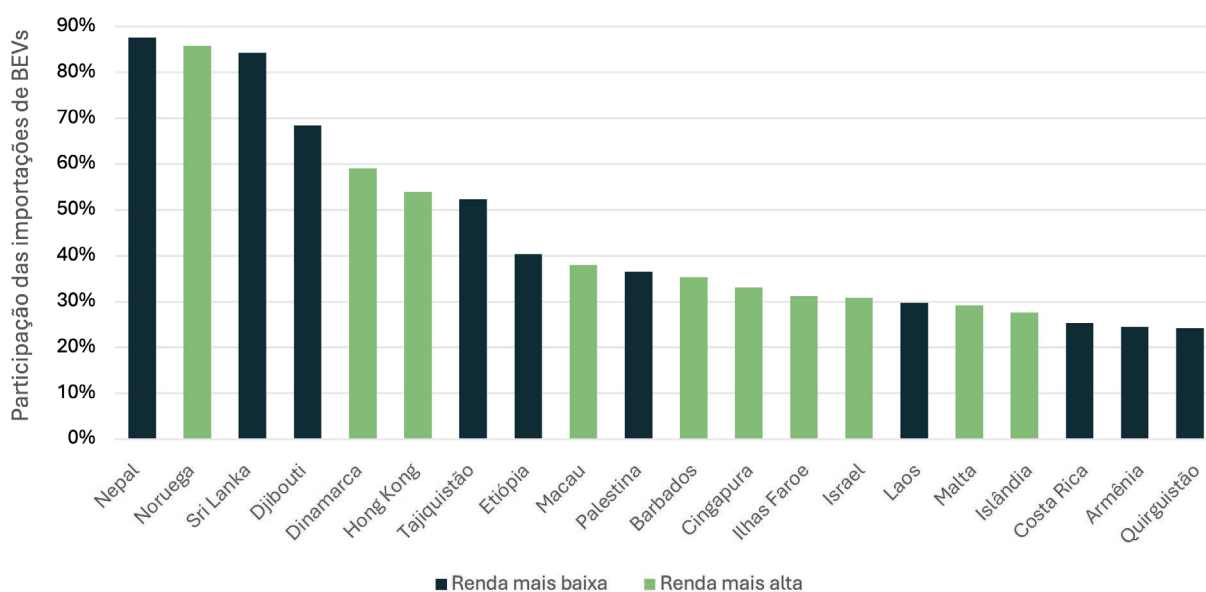
Nos primeiros anos da implantação dos BEVs, a adoção concentrou-se em economias de renda mais alta. Nações mais ricas do Norte Global, apoiadas por subsídios, regulações de emissões e investimento público, lideraram a primeira onda de adoção e ajudaram a reduzir custos por meio da escala.

Hoje, no entanto, o mapa se inverteu. Economias emergentes como Vietnã e Nepal agora registram crescimento nas vendas de BEVs que rivaliza com o de mercados avançados (ver Figura 9). Esse “mundo de cabeça para baixo” mostra que a adoção de BEVs já não é definida pela renda, mas pela ambição de políticas públicas e por um desenho de mercado inteligente.

20 O total de vendas de veículos leves (LDV) no Brasil foi de aproximadamente 2,5 milhões em 2024, de modo que a capacidade produtiva da BYD corresponderá a cerca de 6% das vendas atuais do mercado. No entanto, as vendas de BEVs no Brasil em 2024 foram de apenas 61 mil unidades, de modo que a capacidade produtiva será superior ao tamanho atual do mercado de BEVs.

21 GlobalData

FIGURA 9

PARTICIPAÇÃO DAS IMPORTAÇÕES DE BEVs POR PAÍS E GRUPO DE RENDA
(AUTOMÓVEIS DE PASSEIO, 2024)


Fonte: International Trade Centre, Bloomberg, Carbon Tracker

Observações: Volumes totais de importação de pelo menos US\$ 10 milhões. A participação dos BEVs nas vendas no Vietnã foi de aproximadamente 5% em 2024 e cerca de 40% em 2025 (até o momento).

Esses países combinaram SSRs com incentivos fiscais direcionados aos BEVs, como reduções de tarifas de importação e padrões para veículos de emissão zero. Combinadas à queda dos preços das baterias, essas medidas ampliaram rapidamente a disponibilidade e a acessibilidade dos BEVs. Isso demonstra que sinais claros de política pública podem transformar mercados rapidamente.

A experiência desses mercados “de cabeça para baixo” comprova que políticas públicas eficazes, e não a riqueza, estão impulsionando o crescimento dos BEVs. Países que se movem cedo podem capturar benefícios industriais, de emprego e fiscais, transformando a mobilidade limpa em uma vantagem econômica nacional.

4.2.3 Políticas globais eficazes para BEVs

Em países como Etiópia e Nepal, veículos eletrificados já representam a maior parte das novas vendas, e a Noruega mantém há vários anos a maior penetração de BEVs no mundo. Embora esses mercados diferenciem-se amplamente em tamanho e contexto, eles ilustram como incentivos direcionados e medidas regulatórias podem impulsionar uma adoção rápida. Em conjunto, eles destacam que um desenho eficaz de políticas públicas pode acelerar a transição para a mobilidade elétrica em contextos econômicos e de infraestrutura diversos.

Caso 1: Etiópia - da importação de combustível à ambição elétrica

Em 2024, a Etiópia proibiu a importação de novos automóveis de passeio movidos a gasolina/diesel e lançou incentivos agressivos para BEVs:

- Isenção total de impostos para BEVs (IVA, imposto seletivo e sobretaxa).
- Redução das tarifas de importação: 15% para EVs completamente montados, 5% para kits semi-montados e 0% para montagem local.
- Meta nacional de 500.000 EVs até 2030, com corredores de recarga obrigatórios a cada 50 a 120 km.

O impacto foi rápido: os preços caíram em até 50%, e a frota cresceu de aproximadamente 4.600 veículos em 2023 para cerca de 14.000 no início de 2025. Aproveitando uma matriz elétrica com 96% de hidreletricidade, os BEVs reduziram as importações de combustíveis e as emissões. Os desafios permanecem, incluindo infraestrutura de recarga e acessibilidade econômica, mas a trajetória é clara.

Lição principal: Medidas robustas do lado da oferta, mesmo em contextos de baixa renda, podem acelerar a adoção de BEVs quando combinadas com disponibilidade de energia renovável.

Caso 2: Nepal - política fiscal e eletricidade limpa aceleram a adoção de BEVs

Em 2019–2020, o Nepal importou apenas 236 BEVs, em comparação com mais de 10.000 veículos ICE. Reconhecendo a oportunidade, o governo introduziu medidas direcionadas:

- Redução das tarifas de importação para BEVs para 24–58% (ICE: 180 a 300%).
- Redução do imposto anual de circulação de veículos: NPR 5.000 a 30.000 para BEVs (ICE: NPR 22.000 a 70.000).
- Tirou proveito de uma matriz elétrica com 99% de hidreletricidade, tornando o carregamento cerca de 15 vezes mais barato do que o abastecimento com gasolina/diesel

Combinadas com importações acessíveis de veículos elétricos chineses, essas políticas transformaram o mercado. Até meados de 2025, os BEVs representavam 76% dos novos automóveis de passeio e 50% dos veículos comerciais leves.

Lição principal: Incentivos fiscais alinhados à infraestrutura de energia limpa podem rapidamente alterar a dinâmica de mercado, mesmo em economias pequenas e sensíveis a preços

Caso 3: Vietnã - incentivos fiscais e de infraestrutura coordenados

O mercado de BEVs no Vietnã era incipiente em 2021 (cerca de 100 veículos vendidos). Em 2022, o governo lançou um pacote de medidas fiscais e de infraestrutura:

- Isenção total da taxa de registro nos primeiros três anos; redução de 50% posteriormente.
- Redução do imposto seletivo de 15% para 2 a 3%.
- Tarifas de eletricidade preferenciais para operadores de estações de recarga (2024)

Até meados de 2025, os BEVs haviam alcançado 42% das vendas de automóveis novos, um aumento de quatro vezes desde 2023, superando tanto o Reino Unido (22%) quanto a União Europeia (16%).

Lição principal: Reformas tributárias coordenadas e apoio à infraestrutura podem impulsionar a adoção mais rapidamente do que exigências isoladas relativas a emissões.

O Brasil já demonstrou duas vezes sua capacidade de remodelar rapidamente seu mercado automotivo por meio de políticas públicas direcionadas:

Brasil - Precedente histórico de transição de combustíveis impulsionada por políticas públicas

O setor automotivo brasileiro passou por duas transformações por meio de políticas públicas direcionadas:

- Programa Proálcool (anos 1970): subsídios à produção de etanol, controle de preços abaixo da gasolina e distribuição nacional por meio da Petrobras.
 - Em 1985, 96% dos automóveis novos eram movidos a etanol.
- Política de veículos flex-fuel (anos 2000): incentivos fiscais e investimentos em infraestrutura permitiram que os veículos operassem com etanol ou gasolina.
 - Em 2007, 89% dos automóveis novos eram flex-fuel.

Lição principal: Medidas fiscais coordenadas, regulação de preços e infraestrutura de combustíveis podem remodelar os mercados de veículos em uma década - lições diretamente aplicáveis aos BEVs. O Brasil pode aprender com seus próprios sucessos passados e ajudar a tecnologia de BEVs a realizar um salto estrutural sobre os veículos ICE, tornando-se a tecnologia dominante no mercado.

Outros exemplos de incentivos governamentais e regulações podem ser encontrados na Tabela 10 do Apêndice.

5 Brasil: Benefícios econômicos e financeiros do salto estrutural para BEVs

O salto estrutural para BEVs pode trazer benefícios econômicos e financeiros significativos para o Brasil. Conforme detalhado na Seção 4.1, a transição para uma frota de BEVs pode trazer ao Brasil os seguintes benefícios:

● Tangíveis:

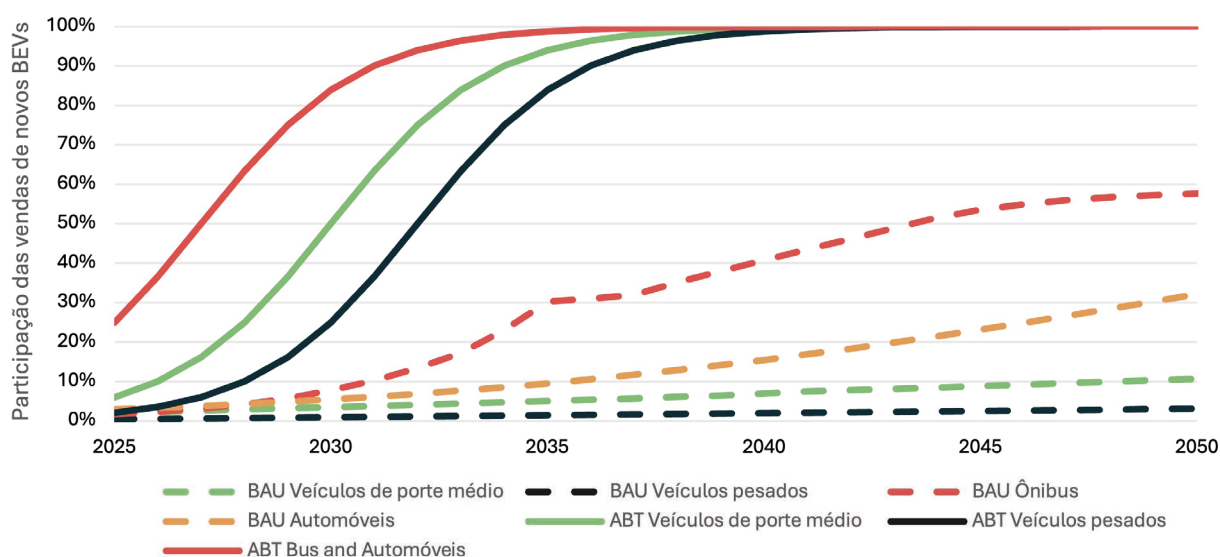
- Redução dos gastos com produtos de combustíveis fósseis (gasolina e diesel)
- Redução dos custos com saúde

● Intangíveis:

- Redução dos danos econômicos causados pelas mudanças climáticas (SCC)

Nesta seção, a Carbon Tracker modelou esses três benefícios financeiros de um salto estrutural do Brasil para BEVs. Para cada benefício financeiro, considera-se um cenário de “Transição Acelerada para BEVs (ABT)” em comparação com um cenário de continuidade (“BAU”), isto é, um cenário com apenas adoção modesta de BEVs, comparável ao cenário STEPS da IEA (Figura 10).

FIGURA 10 CENÁRIOS DE ELETRIFICAÇÃO - PARTICIPAÇÃO DAS VENDAS DE NOVOS BEVs (%)



Fonte: Cálculos da Carbon Tracker, CALSTART, IEA (ETAPAS).

Observações: O cenário BAU é comparável ao cenário STEPS da IEA. O cenário ABT é semelhante à trajetória MOU da CALSTART.

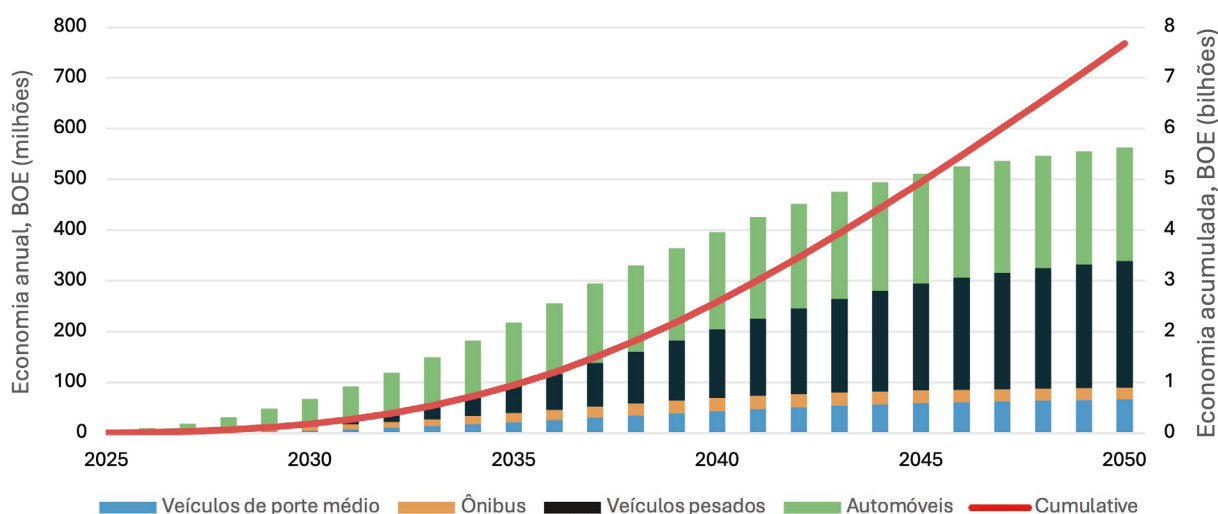
Os cenários assumem curvas de adoção distintas para os BEVs, com o cenário ABT alcançando mais de 80% das vendas de automóveis e ônibus até 2030. No mesmo cenário, os veículos de médio porte atingem 50% de vendas de BEVs e os veículos pesados alcançam 25% de vendas de BEVs até 2030. No cenário BAU, a adoção é significativamente menor. Os ônibus, que apresentam um caso de uso mais claro para BEVs, eletrificam-se mais rapidamente, alcançando 50% das vendas na década de 2040. No cenário BAU, os veículos pesados e de porte médio eletrificam-se de forma significativamente mais lenta, alcançando apenas 3% e 11% das vendas até 2050, respectivamente. Os automóveis eletrificam-se mais rapidamente do que os veículos comerciais, mas mais lentamente do que os ônibus, atingindo 10% das vendas até 2035 e cerca de um terço das vendas até 2050.

5.1 Economias em combustíveis fósseis decorrentes de uma transição para BEVs

Ao comparar a evolução da frota de veículos do Brasil em diferentes cenários, estima-se que, **no cenário BAU, a frota crescente de veículos ICE do país consumiria um adicional de meio bilhão de BOE (barris de óleo equivalente) de combustível por ano até 2050, em comparação com o cenário ABT** (Figura 11).

FIGURA 11

ECONOMIAS DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS DA FROTA DE VEÍCULOS DO BRASIL – CENÁRIOS ABT VERSUS BAU (BOE)



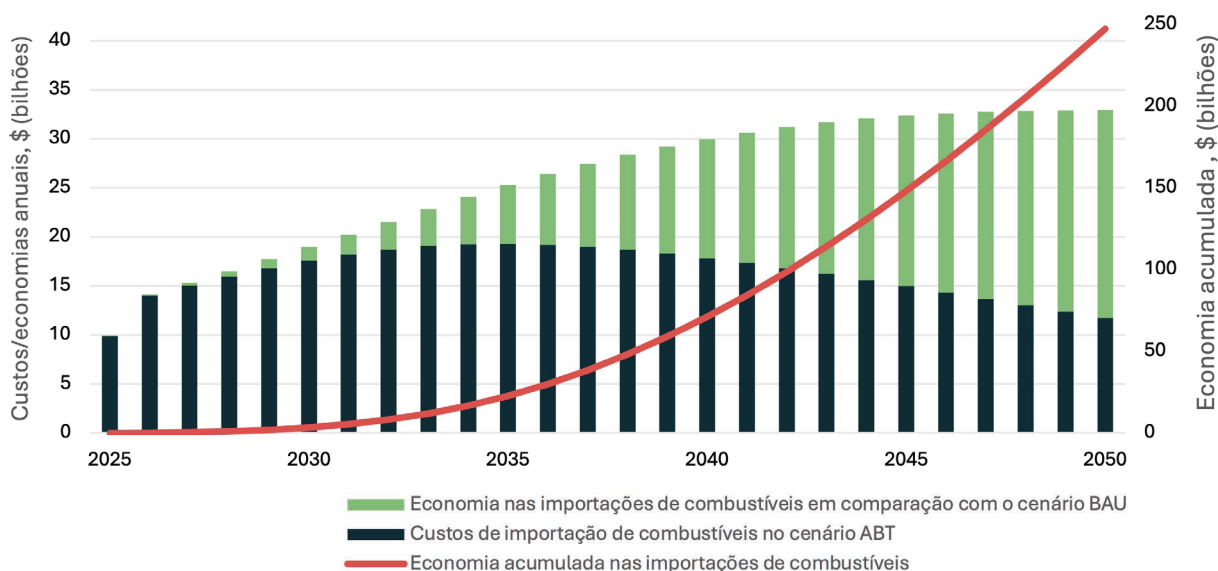
O cenário BAU leva a um uso adicional de mais de 500 milhões de BOE de combustível por ano até 2050; o cenário ABT evita quase totalmente esse consumo, economizando 7,7 bilhões de BOE ao longo de 25 anos.

Fonte: Cálculos da Carbon Tracker, CALSTART.

Observação: Expresso em barris de óleo equivalente (BOE). ABT é o cenário de “Transição Acelerada para BEVs”. BAU é o cenário de “continuidade” (Business As Usual).

No cenário ABT, praticamente toda essa demanda por combustível é evitada, resultando em uma economia acumulada de 7,7 bilhões de BOE ao longo do período de 25 anos. Para contextualizar, isso equivale a mais petróleo do que o Brasil exportou no total desde a virada do milênio (7,0 bilhões de BOE).

FIGURA 12 ECONOMIAS NAS IMPORTAÇÕES DE COMBUSTÍVEIS DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO NO BRASIL DECORRENTES DE UMA TRANSIÇÃO ACELERADA PARA BEVs – CENÁRIOS ABT VERSUS BAU (US\$)



De forma acumulada até 2050, uma transição acelerada para BEVs no Brasil gera economias de US\$ 250 bilhões nas importações de combustíveis fósseis.

Fonte: Cálculos da Carbon Tracker, CALSTART.

Observação: Inclui veículos leves, veículos de médio porte, veículos pesados e ônibus.

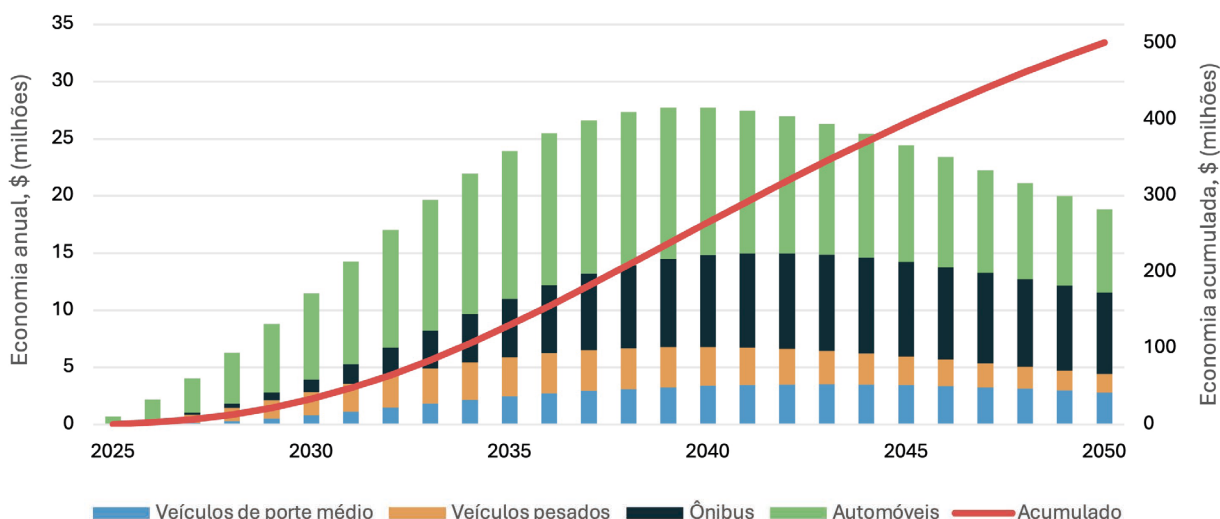
Do diesel e da gasolina consumidos anualmente pelo transporte rodoviário brasileiro, cerca de um quarto do diesel e um décimo da gasolina são importados. Em 2024, isso custou ao Brasil cerca de US\$ 10 bilhões e, assumindo que essas proporções permaneçam constantes, no cenário BAU esse custo poderia ultrapassar US\$ 30 bilhões por ano até 2050. Por outro lado, o cenário ABT reduziria os custos anuais de importação para pouco mais de US\$ 10 bilhões até 2050, após atingir um pico de cerca de US\$ 20 bilhões em meados da década de 2030 (Figura 12).

Cumulativamente, até 2050, uma transição acelerada para BEVs no Brasil poderia alcançar economias de US\$ 250 bilhões nas importações de combustíveis fósseis. Embora o Brasil possa reduzir essa conta de importações e melhorar a segurança energética ao aumentar sua própria capacidade de refino (conforme discutido na Seção 4.1.1), a eletrificação da frota de veículos é uma forma mais resiliente de alcançar os objetivos de segurança energética. A eletrificação oferece ao Brasil a oportunidade de capitalizar um mercado de BEVs em rápida expansão na América do Sul, ao mesmo tempo em que evita riscos de aprisionamento e ativos encalhados associados a uma indústria de petróleo em declínio.

5.2 Economias em custos com saúde decorrentes de uma transição para BEVs

No cenário ABT, o Brasil poderia gerar economias acumuladas em custos de saúde de US\$ 500 milhões ao reduzir as emissões de PM_{2.5} e NO_x provenientes da combustão de combustíveis na frota de veículos até 2050 (Figura 13).

FIGURA 13 ECONOMIAS EM CUSTOS COM SAÚDE NO BRASIL - CENÁRIOS ABT VERSUS BAU (US\$)



Uma transição acelerada para BEVs poderia reduzir PM_{2.5} e No_x, gerando economias de US\$ 500 milhões em custos de saúde para o Brasil até 2050.

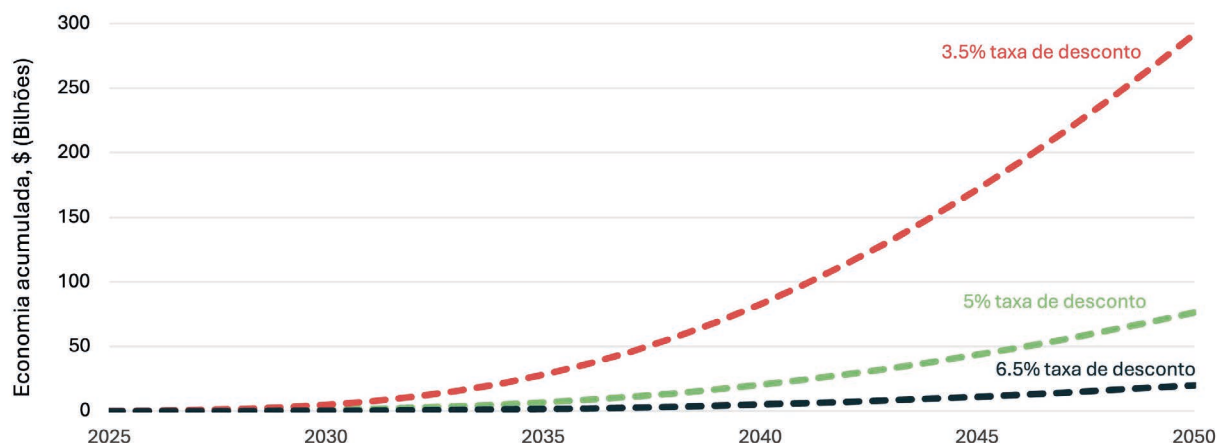
Fonte: Cálculos da Carbon Tracker, CALSTART

Observações: ABT é o cenário de "Transição Acelerada para BEVs". BAU é o cenário de "continuidade" (Business As Usual).

A eletrificação de automóvel de passeio representa cerca de metade dessas economias, refletindo o grande tamanho dessa frota, enquanto a eletrificação de caminhões pesados deve contribuir com mais 27%. No cenário ABT, projeta-se que essas medidas gerem ganhos substanciais de longo prazo em saúde e meio ambiente. As reduções nas emissões de PM_{2.5} e NO_x poderiam evitar aproximadamente 1.400 mortes prematuras e reduzir internações por doenças respiratórias e cardiovasculares, fortalecendo tanto o bem-estar social quanto o argumento econômico para a adoção acelerada de BEVs.

As economias em custos com saúde se acumulariam progressivamente à medida que a frota de veículos se eletrifica. Em meados da década de 2030, projeta-se que as economias anuais atinjam cerca de US\$ 25 a 30 milhões, principalmente provenientes de automóveis de passeio. A contribuição relativa de caminhões pesados e ônibus cresce em direção a 2040. Após esse ponto, nossa modelagem indica uma redução gradual das economias anuais em comparação com o cenário BAU. Esse padrão reflete que, no cenário BAU, os benefícios da eletrificação em termos de economia de custos de saúde tornam-se evidentes apenas a partir da década de 2040, reforçando a urgência de uma transição mais rápida para BEVs.

5.3 Economias no custo social do carbono decorrentes de uma transição para BEVs

FIGURA 14
ECONOMIAS NO CUSTO SOCIAL DO CARBONO NO BRASIL DECORRENTES DE UMA TRANSIÇÃO ACELERADA PARA BEVS - CENÁRIOS ABT VERSUS BAU (US\$)


Sob o cenário ABT, a redução das emissões da frota de veículos poderia evitar entre US\$ 75 a US\$ 300 bilhões em danos econômicos em relação ao BAU (taxas de desconto de 3,5% a 5%) até 2050.

Fonte: Cálculos da Carbon Tracker, CALSTART

Observações: ABT é o cenário de "Transição Acelerada para BEVs". BAU é o cenário de "continuidade" (Business As Usual).

A transição para os BEVs reduz as emissões de carbono e, portanto, contribui para a mitigação dos impactos das mudanças climáticas. Os efeitos tornam-se mais pronunciados à medida que a participação dos BEVs aumenta e mais emissões de carbono são evitadas. No cenário BAU, os veículos pesados e de porte médio representam cumulativamente cerca de 56% das emissões totais de CO₂ do setor de transporte rodoviário brasileiro até 2050, com a participação anual crescendo de aproximadamente 50% para quase dois terços das emissões anuais da frota até 2050, à medida que a eletrificação dos automóveis de passeio avança.

Estimamos que uma ABT para BEVs no Brasil resulte em benefícios anuais de US\$ 7,3 bilhões em relação ao cenário BAU até 2050, no cenário com taxa de desconto central (5%). Os benefícios acumulados de SCC da transição acelerada para BEVs ultrapassam US\$ 75 bilhões até 2050 nesse mesmo cenário (Figura 14). Esse valor representa danos evitados à infraestrutura, desaceleração do crescimento econômico em decorrência de mudanças na produtividade agrícola, redução da produtividade devido ao calor e alterações na mortalidade associadas a ondas de calor e outros impactos climáticos que poderiam afetar de forma material a economia brasileira.

Embora as reduções de emissões sejam as mesmas independentemente da taxa de desconto, a valoração econômica dos benefícios associados é altamente sensível a essa taxa. Conforme discutido na Seção 4.1.3, o SCC atribui valor a benefícios muito distantes no tempo, de modo que variações na taxa de desconto podem influenciar substancialmente os resultados estimados. Em nossa modelagem, utilizamos uma taxa de desconto central de 5%, com cenários de $\pm 1,5\%$. Utilizando a taxa de desconto mais baixa de 3,5% (ligeiramente abaixo da taxa de desconto social recomendada de 3,77% para países da América Latina apresentada na Tabela 2), os benefícios acumulados de SCC se aproximam de US\$ 300 bilhões, enquanto a taxa de desconto mais alta de 6,5% leva a benefícios estimados de cerca de US\$ 20 bilhões²².

22 Taxas de desconto de 3,5%, 5% e 6,5% correspondem a valores de SCC de US\$ 58/tCO₂e, US\$ 13/tCO₂e e US\$ 3/tCO₂e, respectivamente.

5.4 Riscos de aprisionamento associados a veículos ICE

A continuidade das vendas de veículos ICE cria passivos econômicos de longa duração para o Brasil, uma vez que cada novo veículo compromete o país a décadas de consumo de combustíveis fósseis, impactos à saúde e emissões de carbono. Nossa modelagem mostra que cada novo veículo ICE incorpora custos significativos ao longo de sua vida útil: **cerca de US\$ 4 mil por automóvel de passeio, US\$ 47 mil por ônibus, US\$ 53 mil por caminhão de médio porte e US\$ 103 mil por caminhão pesado** (Tabela 3). Esses valores refletem o custo presente líquido da demanda adicional por combustíveis, o aumento da carga sobre a saúde pública decorrente da exposição a PM_{2.5} e NO_x, e os danos econômicos associados às emissões futuras de CO₂. Os veículos pesados representam o maior risco: um único caminhão a diesel vendido hoje gera um aprisionamento de custos ao longo da vida útil quase 25 vezes maior do que o de um novo automóvel de passeio.

TABELA 3 PASSIVOS REMANESCENTES ASSOCIADOS – CUSTO DE APRISIONAMENTO NO BRASIL POR NOVO VEÍCULO ICE

Custos de “aprisionamento” por novo veículo ICE	 Combustíveis fósseis	 Custos de saúde	 SCC (Custo Social do Carbono)	 Total
 Automóvel de passeio	US\$ 3,5	<US\$ 0,1	US\$ 0,8	US\$ 4,3
 Ônibus	US\$ 36,2	US\$ 0,2	US\$ 10,5	US\$ 46,8
 Veículo de porte médio	US\$ 42,3	US\$ 0,1	US\$ 10,9	US\$ 53,3
 Veículo pesado	US\$ 79,1	US\$ 0,2	US\$ 23,5	US\$ 102,8

Fonte: Carbon Tracker

Observações: Custos de aprisionamento calculados em um cenário BAU. Custos de SCC calculados com taxa de desconto de 5%.

Esses custos são amplificados por um aprisionamento estrutural mais amplo. Investimentos em capacidade de refino, na hibridização biocombustível-ICE ou na continuidade do foco das OEMs em tecnologias de combustão correm o risco de se tornarem ativos encalhados à medida que a demanda global por gasolina e diesel declina a partir da década de 2030 e os BEVs se tornam cada vez mais competitivos em termos de custos. Evitar novos aprisionamentos a veículos ICE é, portanto, não apenas um imperativo ambiental, mas uma estratégia econômica clara: cada veículo ICE adicional vendido hoje representa um passivo futuro crescente, enquanto a adoção acelerada de BEVs oferece um caminho para custos mais baixos, menor exposição a mercados fósseis em declínio e um setor automotivo mais competitivo.

6 Brasil: Preparação e oportunidades

6.1 Panorama do mercado e das políticas de veículos elétricos

6.1.1 Metas climáticas nacionais

O Brasil estabeleceu uma meta para toda a economia de reduzir suas emissões líquidas de GEE em 59% a 67% abaixo dos níveis de 2005 até 2035, o que é consistente, em termos absolutos, com um nível de emissões entre 1,05 e 0,85 GtCO₂e, de acordo com os dados mais recentes de inventário (Tabela 4).

TABELA 4 DADOS DE EMISSÕES DA CONTRIBUIÇÃO NACIONALMENTE DETERMINADA (NDC) DO BRASIL

NDC	Linha de base	Dados mais recentes	Alvo
Ano	2005	2023	2035
Redução (%)	-	16% (incluindo LULUCF)	59%-67%
Emissões de GEE, incluindo LULUCF (GtCO ₂ e)	2,5	2,1	0,85-1,05
Emissões de GEE, excluindo LULUCF (GtCO ₂ e)	1,0	1,3	-
Emissões de dióxido de carbono, excluindo LULUCF (GtCO ₂ e)	0,37	0,48	-
Emissões de CO ₂ do setor de transportes (GtCO ₂ e)	0,14	0,22	-

Fonte: CQNUMC, Banco Mundial.

O setor de transportes é o terceiro maior contribuinte (12%) das emissões totais do Brasil, após a agricultura (predominantemente por meio de emissões de metano e NO_x) e Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Florestas (LULUCF). Excluindo LULUCF, o transporte é o maior contribuinte individual para as emissões de CO₂ no Brasil, respondendo por 46% das emissões de CO₂ em 2022 e por 20% das emissões totais de GEE. Embora não tenha sido estabelecida uma meta específica de NDC para o setor de transportes, ele será uma fonte crítica de reduções líquidas de emissões nos esforços do Brasil para reduzir suas emissões.

6.1.2 Emissões atuais e políticas para BEVs

Políticas consistentes e unificadas entre os ministérios federais e no âmbito estadual podem dar confiança aos investidores à medida que os BEVs ganham tração nos mercados brasileiros. A Tabela 5 apresenta algumas das principais políticas relacionadas ao clima que impactam o setor automotivo em nível nacional.

TABELA 5 POLÍTICAS ATUAIS RELACIONADAS AO CLIMA QUE IMPACTAM O SETOR DE TRANSPORTES

Nome	Resumo
Programa MOVER	A política estabelece metas obrigatórias para as vendas de LDVs, incluindo melhorias na eficiência energética e reduções nas emissões de CO ₂ , e vincula créditos tributários aos veículos que atendam a critérios de sustentabilidade.
RenovaBio	Política Nacional de Biocombustíveis do Brasil, concebida para ampliar o uso de biocombustíveis e reduzir as emissões de GEE do setor de transportes.
Projeto de lei Combustível do Futuro	Estabelece a mistura obrigatória de biocombustíveis nas composições de gasolina e diesel. A mistura de biodiesel aumentará de 14% para 20% até 2030, enquanto a mistura de etanol na gasolina será definida entre 22% e 35%, estando atualmente fixada em 30%.
Imposto Seletivo	Imposto federal instituído no âmbito da reforma tributária em curso no Brasil para desestimular o consumo e a produção de bens e serviços considerados prejudiciais à saúde ou ao meio ambiente.
Programa PROCONVE	Estabelece limites de emissões de NOx e material particulado (PM) para veículos leves e pesados.

Fonte: InfluenceMap, Ministério da Energia

Observação: A partir de 1º de agosto de 2025, o Brasil passou a exigir uma mistura mínima obrigatória de 30% de etanol na gasolina, com possibilidade de elevar esse percentual para 35% nos próximos anos. Para o diesel, a mistura obrigatória a partir de 1º de agosto de 2025 é de, no mínimo, 15%, aumentando para 20% até 2030.

No âmbito subnacional, há poucas iniciativas voltadas aos BEVs, embora o estado de São Paulo exija que todas as novas edificações disponham de infraestrutura de recarga para BEVs (Tabela 6). Os únicos incentivos remanescentes nos estados visam compensar o impacto da reintrodução de impostos de importação sobre os BEVs. Esses incentivos assumem a forma de isenção ou redução do imposto de circulação em diversos estados, em alguns casos incluindo veículos híbridos.

TABELA 6 POLÍTICAS REGIONAIS PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS

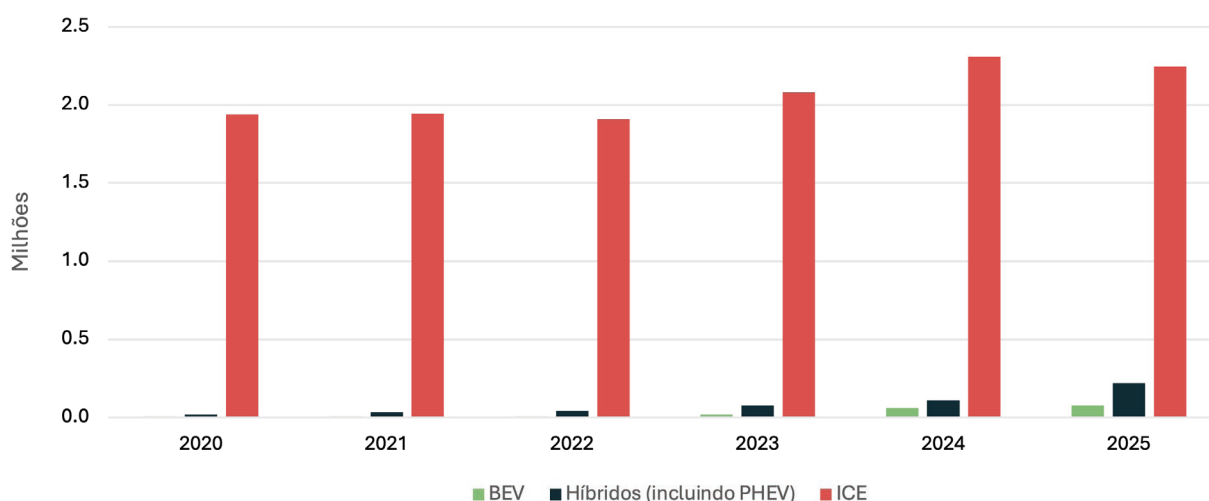
Região	Política	Detalhes
Cidade de São Paulo	Lei nº 17.336/2020 - novas construções preparadas para veículos elétricos	Todas as novas construções residenciais e comerciais devem incluir infraestrutura de recarga para veículos elétricos a partir de 2021.
Vários municípios (por ex., Porto Alegre, Curitiba)	Projetos de lei para instalação de carregadores em estacionamentos, eletrificação de frotas públicas e incentivos tributários individuais	Ainda em discussão, sem implementação ampla.
Vários municípios (por ex., Porto Alegre, Curitiba)	Reduções no IPVA (imposto anual sobre veículos automotores)	Os descontos variam de 50% até isenção total, com descontos reduzidos para PHEVs.

Fonte: LATAMobility, Prefeitura de São Paulo, Portal da Mobilidade.

6.1.3 Mercado de BEVs no Brasil

O mercado de BEVs ainda está em estágio inicial no Brasil (Figura 15). Em 2025, projeta-se que as vendas de BEVs atinjam 3% das vendas de veículos, com outros 9% das vendas provenientes de modelos híbridos. Apesar de partirem de uma base reduzida, as vendas de BEVs no Brasil cresceram 100 vezes desde 2020. O crescimento em 2025 foi inferior ao observado em anos anteriores, mas permanece robusto, com uma taxa de crescimento projetada de 27%. Essa desaceleração no crescimento das vendas de BEVs pode ser atribuída, em parte, à reintrodução de tarifas de importação para BEVs; no entanto, o argumento econômico permanece sólido com base nos cálculos de TCO.

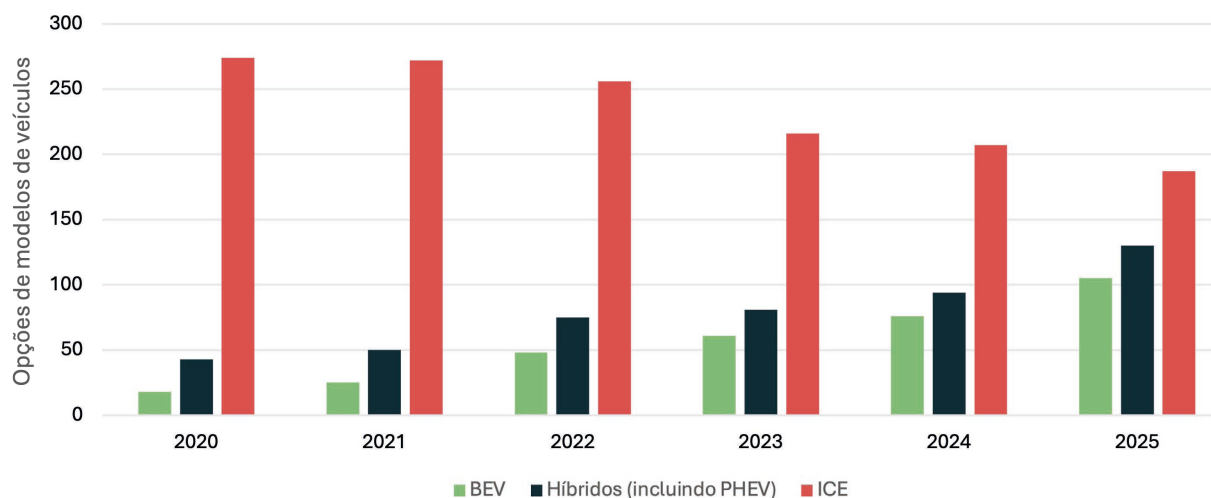
FIGURA 15 VENDAS DE NOVOS VEÍCULOS LEVES NO BRASIL POR TIPO DE VEÍCULO (MILHÕES)



Fonte: GlobalData.

Observação: Inclui projeção para o 2º semestre de 2025.

O Brasil também está registrando um aumento na disponibilidade de modelos de BEVs. Em 2020, as opções de BEVs representavam um décimo quinto daquelas disponíveis para automóveis ICE (Figura 16). Em 2025, esse percentual alcançou cerca de 60%, com o número de modelos de BEVs aumentando em cerca de seis vezes e a disponibilidade de modelos ICE diminuindo em cerca de 30%. A maior disponibilidade de modelos ajuda a legitimar o mercado de BEVs, e a contínua expansão de BEVs chineses mais baratos torna a migração de ICE para BEVs mais acessível.

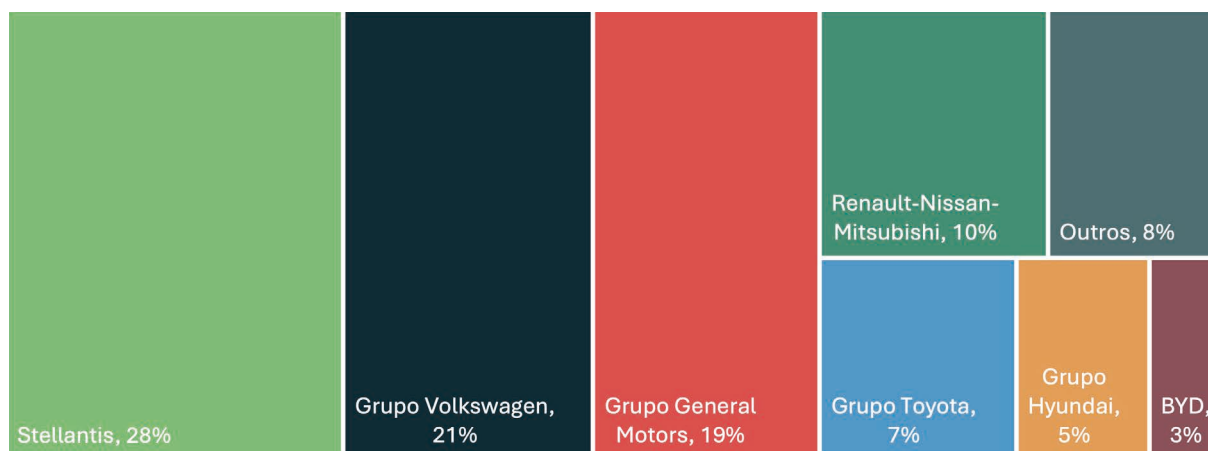
FIGURA 16 DISPONIBILIDADE DE MODELOS DE VEÍCULOS LEVES NO BRASIL POR MOTORIZAÇÃO


Fonte: GlobalData.

Observação: Com base em modelos para os quais ao menos um veículo foi vendido durante o período. 2025 inclui projeções para o segundo semestre.

Há uma necessidade significativa de que as OEMs incumbentes no Brasil façam a transição para a produção doméstica de BEVs, ou correm o risco de perder participação de mercado para BEVs mais baratos, produzidos localmente por fabricantes chineses que buscam evitar tarifas de importação. Atualmente, as maiores OEMs no Brasil em volume de vendas são a Stellantis, o Grupo Volkswagen e o Grupo GM. De acordo com a GlobalData, até 2030 a BYD deverá deter 3% da capacidade de produção de veículos no Brasil; ainda assim, espera-se que figure entre os 10 maiores fabricantes do país e se torne a maior produtora de BEVs, apesar de possuir menor capacidade total de produção (Figura 17).

FIGURA 17 CAPACIDADE TOTAL DE PRODUÇÃO PROJETADA NO BRASIL ATÉ 2030



Fonte: GlobalData.

A Geely também está se expandindo globalmente e adquiriu recentemente uma participação de 26,4% na Renault Brasil, o que lhe concede acesso às instalações produtivas do parque industrial Ayrton Senna da Renault, assim como à rede de mercado da empresa. Em contrapartida, a Renault pode aproveitar a expertise da Geely em BEVs e pretende ampliar sua oferta de veículos de baixa emissão no Brasil utilizando a arquitetura de BEVs da Geely. A Renault e a Geely anunciaram uma joint venture ambiciosa, que tem o Brasil como um mercado de crescimento de “alto potencial”. A parceria planeja produzir localmente novos modelos para ambas as marcas, com o lançamento de dois veículos previsto já para 2026, seguido pela atualização de um modelo existente da Renault e por um novo lançamento adicional em 2027²³.

23 GlobalData

6.2 Pontos fortes e ativos estratégicos

Forte oferta de recursos locais

O Brasil dispõe de uma ampla base de recursos naturais que pode ser aproveitada para desenvolver uma cadeia de suprimentos de alto valor agregado para a fabricação de BEVs.

TABELA 7 RECURSOS DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE BEVS NO BRASIL

Recurso	Oferta potencial	Posição global	Uso e comentários
Grafite	20% das reservas globais	2	Âodos de bateria, não recicláveis
Lítio	1,4% das reservas globais (39 vezes a produção atual)	8	Material crítico para baterias, com demanda projetada para crescer 50 vezes até 2050. Chile e Argentina detêm 47% das reservas globais
Metais de terras raras ²⁴	23% das reservas globais	2	Material para baterias, atualmente com produção praticamente inexistente no Brasil
Bauxita	9%	6	Minério de alumínio

Fonte: BP.

Investimentos nos setores da cadeia de suprimentos de BEVs podem permitir que o Brasil se torne um líder na produção de BEVs e ofereça uma alternativa de fornecimento para países ocidentais que buscam reduzir a dependência da China.

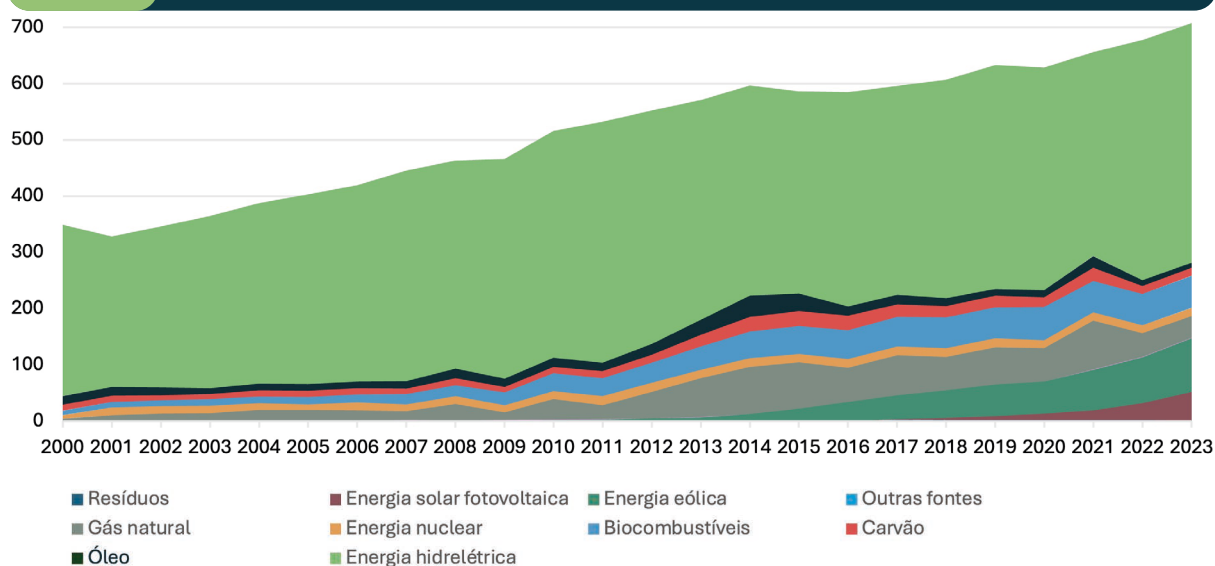
O Brasil também ocupa posição de destaque nas reservas de bauxita, um minério crítico para a produção de alumínio. O alumínio registrou fortes aumentos de preços ao longo de 2025, à medida que a oferta enfrentou gargalos devido à produção limitada na China. O aumento da demanda e a capacidade limitada de fundição em escala global podem levar a novos aumentos de preços. Garantir uma cadeia de suprimentos local pode ajudar a indústria brasileira de fabricação de veículos a adquirir alumínio a preços mais estáveis e mais baixos.

²⁴ A mineração de metais de terras raras pode ser controversa devido ao seu impacto ambiental; no entanto, uma produção mais robusta desses metais poderia ajudar a consolidar o Brasil como líder nas cadeias de suprimentos de BEVs.

Matriz de energia renovável

Um ponto forte fundamental na transição para um mercado automotivo dominado por BEVs é a matriz energética brasileira. Em 2023, mais de 80% da oferta de eletricidade do Brasil teve origem em fontes solar, eólica ou hidrelétrica, todas consideradas fontes de energia de emissão zero (ou próximas disso) (Figura 18). Outros 8% vieram de biocombustíveis, considerados uma alternativa energética sustentável, totalizando 89% da eletricidade do Brasil proveniente de fontes de baixa emissão. Além disso, em 2024 foi adicionada mais capacidade energética do que em qualquer outro ano desde 1997, sendo mais de 90% dessa nova capacidade de origem solar ou eólica. Fica claro que o Brasil não está simplesmente deslocando as emissões para outro setor.

FIGURA 18 GERAÇÃO DE ELETRICIDADE POR FONTE (TWH) NO BRASIL (2000–2023)

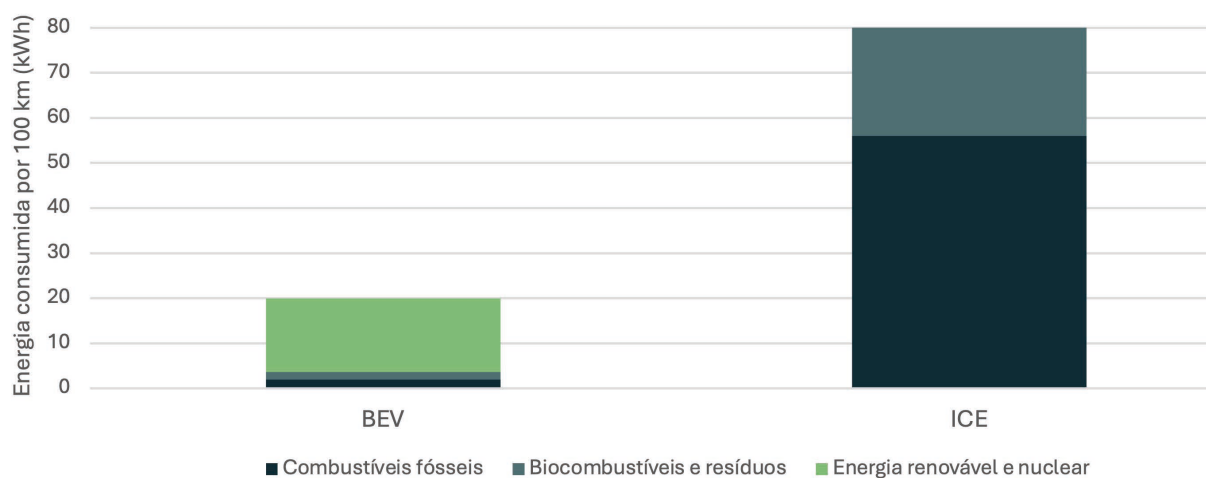


Fonte: IEA.

Isso significa que o Brasil tende a obter vantagens relativas em comparação com países com matrizes energéticas menos limpas à medida que fazem a transição para BEVs. Para o Brasil, cada BEV adicional em circulação praticamente elimina as emissões do transporte rodoviário no ponto de uso, devido ao duplo efeito da redução das emissões no escapamento e do aumento da eficiência energética em relação aos motores ICE (nos quais apenas cerca de 25% da energia é convertida em movimento), permitindo que o setor automotivo se aproxime do net zero. Como a matriz energética brasileira não depende de combustíveis fósseis importados, isso também reforça a segurança energética dos mercados do país e protege a indústria contra a volatilidade crescente dos preços de combustíveis refinados importados (Figura 19).

FIGURA 19

BRASIL: COMPARAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA POR FONTE DE COMBUSTÍVEL PARA BEVS VERSUS TECNOLOGIA ICE



No Brasil, a mudança para BEVs reduz o consumo de combustíveis fósseis em 97%

Fonte: IEA, Fontes públicas, Cálculos da Carbon Tracker.

6.3 Desafios e barreiras

Infraestrutura de recarga

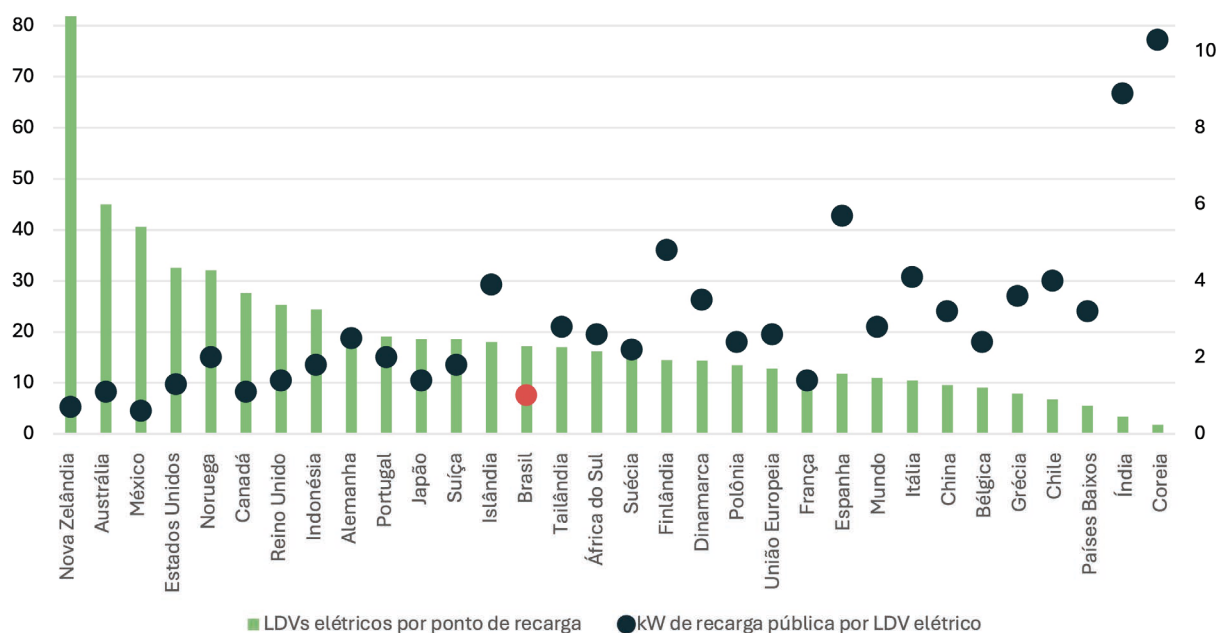
O Brasil é o quinto maior país do mundo em extensão territorial, o que impõe desafios à implantação de veículos elétricos no que diz respeito à infraestrutura. Em setembro de 2025, havia cerca de 17.000 estações de recarga no Brasil, um aumento de 39% em relação a novembro de 2024. São Paulo é a cidade mais populosa do Brasil, concentrando cerca de 8% dos 220 milhões de habitantes do país, mas possui um número desproporcional de estações de recarga, respondendo por cerca de 30% do total nacional. Isso contribui para um viés geral em favor dos estados do Sudeste, que, em conjunto, concentram 50% de todas as estações de recarga. Para que os BEVs penetrem de forma ampla no mercado automotivo, a infraestrutura de recarga precisa ser expandida por todo o território nacional.

Em setembro de 2025, a frota brasileira contava com um total de 135.000 BEVs puros, além de outros 170.000 PHEVs. Isso significa que há aproximadamente 17 veículos plug-in por estação de recarga e 8 BEVs puros por estação²⁵ (Figura 20). Esse valor se compara a uma média global de 11 veículos plug-in por ponto de recarga, assim como à recomendação da União Europeia de 10 EVs por ponto de recarga.

Por fim, a maioria dos pontos de recarga no Brasil é composta por carregadores CA mais lentos, sendo que apenas 20% das estações dispõem de recarga rápida em CC. Isso faz com que a capacidade de recarga em kW por EV no Brasil seja cerca de um terço da média global. Isso implica tempos de recarga mais longos, bem como maiores tempos de espera para utilizar os carregadores: são necessários investimentos significativos em infraestrutura de recarga para uma implantação bem-sucedida de EVs.

25 ABVE

FIGURA 20 VEÍCULOS ELÉTRICOS LEVES POR PONTO DE RECARGA



Fonte: IEA.

O sistema flex-fuel domina o mercado

O Brasil é, há muito tempo, um líder na produção e no consumo de veículos flex-fuel, produzindo grandes volumes de biocombustíveis para uso em veículos ICE. Embora a expansão da indústria de biocombustíveis gere algumas emissões associadas à mudança no uso da terra, o combustível é amplamente considerado neutro em carbono, uma vez que as emissões de CO₂ liberadas durante a combustão foram previamente absorvidas pela planta (geralmente óleo de soja para o biodiesel ou cana-de-açúcar para o etanol) durante o crescimento. O uso de combustíveis flex-fuel reduziu a intensidade de emissões do setor automotivo ao diminuir a dependência de gasolina e diesel. No entanto, devido à matriz energética relativamente limpa do Brasil, a transição para BEVs permitiria emissões praticamente nulas no escapamento do setor automotivo, representando uma melhoria significativa em relação a uma transição lenta para fora dos combustíveis fósseis baseada apenas no aumento da participação de etanol e biodiesel na mistura de combustíveis.

Atualmente, mais de 90% dos veículos vendidos no Brasil utilizam alguma forma de combustível flex-fuel, incluindo os PHEVs, que utilizam combustíveis flex-fuel no modo ICE. A produção local de etanol é favorecida pelo clima e pela disponibilidade de terras, o que tornou o etanol uma alternativa financeiramente viável aos combustíveis fósseis; no entanto, existem limitações significativas caso o Brasil buscasse uma frota 100% baseada em biocombustíveis (ver Seção 4.1.1, Limitações econômicas e de sustentabilidade dos biocombustíveis).

O governo brasileiro continua a apoiar a indústria flex-fuel, determinando aumentos graduais da participação de etanol na mistura de combustíveis e implementando tributação reduzida para veículos flex. Uma fonte adicional de receita também está disponível para os produtores de etanol por meio da venda de créditos de carbono no âmbito do programa RenovaBio.

Incerteza regulatória

A incerteza regulatória cria riscos ao investimento, desacelera a expansão da infraestrutura e desestimula os consumidores a se comprometerem com a adoção de BEVs. A política brasileira para veículos elétricos tem sido irregular e instável. A reversão das isenções de impostos de importação levará a um aumento significativo do preço final ao consumidor, uma vez que as alíquotas subirão para 35% até o final do próximo ano. Um aumento tão rápido dos impostos impactará de forma material as estratégias de precificação e gerará incerteza para os fabricantes de veículos, que podem se mostrar menos dispostos a se comprometer com o mercado brasileiro.

A distribuição das isenções do imposto anual sobre veículos é desigual no país, com muitos estados concedendo isenção total ou descontos significativos para BEVs, enquanto outros ficam para trás. Por exemplo, Minas Gerais possui uma lei que prevê isenção do imposto sobre veículos, e os BEVs atualmente se enquadram nesse benefício. Uma política unificada e consistente para BEVs poderia aumentar a confiança dos fabricantes no mercado brasileiro.

Por fim, ao contrário da União Europeia, o Brasil não possui um roteiro de longo prazo para a eliminação gradual da venda de motores ICE por meio de regulação de emissões. Embora se preveja que as vendas de veículos híbridos e BEVs ultrapassem as de veículos ICE até 2030²⁶, a ausência de exigências legais robustas, aliada ao aparente apoio aos combustíveis flex-fuel, pode gerar hesitação tanto entre consumidores quanto entre fabricantes. De fato, as políticas de apoio aos combustíveis flex-fuel e o aumento futuro da participação de etanol na mistura de combustíveis oferecem aos fabricantes uma “proteção” fácil contra a adoção de BEVs, permitindo a continuidade dos investimentos em tecnologias ICE.

26 Reuters

6.4 Parceiros estratégicos OEM para a mudança

A ANFAVEA, Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, fornece dados de mercado e projeções para a indústria automotiva no Brasil. Além disso, é a principal representante da indústria automotiva em atividades de lobby, buscando influenciar políticas tributárias e de incentivos, padrões ambientais e de eficiência, bem como outras decisões de política pública que impactam o mercado automotivo. A Tabela 8 apresenta uma lista dos membros da ANFAVEA e seu alinhamento com metas net zero.

TABELA 8 ALINHAMENTO COM NET ZERO DAS PRINCIPAIS OEMS E MEMBROS DA ANFAVEA

Fabricante	Meta de net zero	Vendas de veículos ICE após 2050	% de vendas de BEVs: Progresso em relação ao alinhamento com o cenário NZE 2030 da IEA (66%)
GM	2040	Encerrar as vendas de veículos ICE em 2035	20,9%
Ford	2050	Meta para 2030: 100% das vendas de BEVs na Europa e 50% das vendas totais	28,8%
Honda	2050	Encerrar as vendas de veículos ICE em 2040	21,2%
Mercedes-Benz	2039	Nenhum compromisso firme de encerrar as vendas de veículos ICE até 2050	41,9%
Stellantis	2038	A Stellantis descartou as metas de alcançar 100% de vendas de BEVs na Europa até 2030	35,7%
BMW	2050	Nenhum compromisso firme de encerrar as vendas de veículos ICE até 2050	58,2%
Renault	2050 (2040 para Europa)	Nenhum compromisso firme de encerrar as vendas de veículos ICE até 2050	44,3%
Hyundai	2045	Nenhum compromisso firme de encerrar as vendas de veículos ICE até 2050	30,9%
Nissan	2050	Nenhum compromisso firme de encerrar as vendas de veículos ICE até 2050	25,8%
VW	2050	Nenhum compromisso firme de encerrar as vendas de veículos ICE até 2050	42,4%
Toyota	2050	Nenhum compromisso firme de encerrar as vendas de veículos ICE até 2050	15,8%

Fonte: Informações de empresas de capital aberto, IEA, GlobalData.

A maioria dos membros não possui um compromisso firme de encerrar as vendas de veículos ICE, nem está fazendo avanços significativos no alinhamento das vendas de BEVs com o cenário NZE da IEA. Isso se reflete em suas atividades de lobby, nas quais busca prolongar a vida útil dos veículos ICE para atender aos interesses de seus membros, priorizando ganhos de curto prazo em detrimento de mudanças estruturais de longo prazo que beneficiariam a economia, o meio ambiente, a saúde pública e, em última instância, ajudariam a proteger os fabricantes incumbentes contra a perda adicional de participação de mercado para OEMs chinesas.

Programa MOVER

As OEMs no Brasil têm sido, em grande medida, favoráveis ao programa MOVER do governo (ver Tabela 9), que promove melhorias na eficiência energética (em uma avaliação de ciclo de vida do tipo “do tanque à roda”), reduções nas emissões de CO₂ (em uma avaliação de ciclo de vida do tipo “do tanque à roda”) e níveis mínimos de reciclabilidade dos veículos. O apoio da BYD foi mais forte em relação a incentivos tributários para veículos de menor emissão, enquanto outros fabricantes automotivos destacaram o apoio à segurança do emprego e à previsibilidade dos investimentos. A Toyota, uma das maiores emissoras de GEE, apoiou os incentivos a P&D para novas tecnologias e as metas de eficiência energética.

TABELA 9 POSICIONAMENTO DO ENVOLVIMENTO DE ASSOCIAÇÕES E CORPORAÇÕES-CHAVE

Política	Apoio	N/D ou misto	Contrário
MOVER	BYD *** Hyundai *** Toyota *** ANFAVEA **	Nissan * Stellantis * Honda * Great Wall Motor *	
RenovaBio	Toyota *** Raizen ***	Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás *** Grupo Ultra *** Cosan *** Vibra Energia **	
Imposto Seletivo	BYD***		ANFAVEA ** Shell *** Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás **

Fonte: InfluenceMap

Observações: * Envolvimento limitado ** Envolvimento estratégico *** Envolvimento ativo.

O programa MOVER concederá alíquota de 0% de IPI²⁷ para veículos produzidos no país que atendam a determinados critérios ambientais. De forma crítica, os veículos híbridos baseados em biocombustíveis (que nunca alcançarão o net zero) serão elegíveis a todos os benefícios do MOVER, política que tem sido abertamente apoiada por quatro dos oito maiores fabricantes no Brasil. Outros dois dos oito maiores fabricantes são membros da ANFAVEA, que também apoiou fortemente a política (Tabela 9).

27 O IPI é o Imposto sobre Produtos Industrializados do Brasil, aplicado a todos os produtos nacionais e estrangeiros que tenham sido modificados de alguma forma para consumo ou uso.

Programa RenovaBio

O programa RenovaBio é a Política Nacional de Biocombustíveis do Brasil, concebida para ampliar o uso de biocombustíveis e reduzir as emissões de GEE do setor de transportes. Ele introduz metas anuais obrigatórias de descarbonização para distribuidores de combustíveis fósseis, alinhadas aos compromissos do Brasil no Acordo de Paris.

O RenovaBio foi implementado em 2020, com as primeiras metas anuais estabelecidas para os distribuidores de combustíveis²⁸. No entanto, desde a criação do programa, as metas foram revistas para baixo em praticamente todos os ciclos. De forma não surpreendente, o Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás e entidades de distribuição de petróleo e gás vêm pressionando para enfraquecer essas metas anuais, embora não defendam a reversão da política, pois ela pode oferecer algum nível de segurança à medida que o restante do mundo eletrifica sua frota de transporte. A Toyota é uma forte defensora da política como meio de descarbonizar o setor de transportes, ao mesmo tempo em que busca estender a vida útil de seus veículos com tecnologia ICE. A Raízen, importante produtora e distribuidora de etanol, também apoia a política.

Um elemento central da estratégia de descarbonização do programa RenovaBio é um mecanismo de mercado de carbono baseado em Créditos de Descarbonização (CBIOS), cada um representando 1 tCO₂e evitada. Produtores e importadores certificados de biocombustíveis podem emitir CBIOS, enquanto distribuidores de combustíveis fósseis devem adquirir e aposentar CBIOS para cumprir suas obrigações anuais de descarbonização. Dada a mistura obrigatória de biocombustíveis na frota de transporte brasileira, a adicionalidade desses créditos é questionável. Os produtores de combustíveis fósseis conseguem reduzir suas emissões “no papel” (mediante pagamento), sem realizar esforços para reduzir efetivamente o volume de emissões de combustíveis fósseis sob sua responsabilidade.

O apoio aos programas MOVER e RenovaBio prolongará a vida útil da tecnologia ICE no Brasil e dificultará sua transição para o net zero.

Imposto Seletivo

O Imposto Seletivo é uma taxa regulatória federal estabelecida no âmbito da reforma tributária em curso no Brasil para desestimular o consumo e a produção de bens e serviços considerados prejudiciais à saúde ou ao meio ambiente. Espera-se que os veículos sejam tributados em uma escala progressiva com base no desempenho em sustentabilidade. Notavelmente, a BYD é a única fabricante automotiva que apoia o imposto e defende a isenção de BEVs de quaisquer penalidades. A ANFAVEA, que representa muitos fabricantes com altas emissões listados na Tabela 9, se opõe fortemente ao imposto, alinhando-se à Shell e ao Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás.

A ANFAVEA, que representa o setor automotivo brasileiro, tem defendido com frequência a não tributação de veículos, incluindo os veículos ICE, argumentando que isso desaceleraria a renovação da frota e prejudicaria a previsibilidade do mercado. 29

²⁸ Tomando 2029 como ano de referência, as primeiras metas do programa foram estabelecidas em 95,5 milhões de CBIOS para 2029. Essa meta foi reduzida duas vezes, para 85,51 milhões e 61,24 milhões de CBIOS em 2020 e 2023, respectivamente.

²⁹ InfluenceMap.

7 Síntese e recomendações para formuladores de políticas públicas

Diante desse contexto, nossa recomendação geral ao governo brasileiro e aos formuladores de políticas públicas é o desenvolvimento de uma estratégia econômica e industrial integrada que posicione os BEVs como um setor-chave na economia modernizada e de baixo carbono do futuro.

Devido ao seu caráter transversal e à sua importância, uma estratégia industrial para BEVs abrange amplamente diversos órgãos do governo brasileiro: aqueles responsáveis pelo planejamento econômico e pela política financeira; os órgãos que lideram, separadamente, as políticas de energia e de meio ambiente; e aqueles com responsabilidade sobre transportes e saúde. O anexo a seguir lista os órgãos envolvidos e suas respectivas atribuições. Parte-se do pressuposto de que o Ministério da Fazenda, como principal órgão de política econômica, teria um papel central na coordenação dessa estratégia industrial em todo o governo.

Em resumo, essa estratégia poderia ser desenvolvida ao longo de três eixos complementares e mutuamente reforçadores: uma avaliação dos riscos econômicos de manter uma abordagem de continuidade (BAU) para um mercado de veículos ICE dependente de combustíveis fósseis, uma avaliação econômica cumulativa dos benefícios de uma mudança estrutural para uma estratégia industrial baseada em BEVs e a oportunidade política.

Riscos econômicos

Conforme detalhado em nossa análise, há riscos claros para o governo brasileiro em uma economia baseada em veículos ICE no cenário BAU, devido à exposição contínua da indústria aos mercados internacionais de petróleo. Além disso, essa abordagem apresenta uma probabilidade crescente de riscos e passivos remanescentes associados, em razão do aprisionamento ao atual modelo setorial. Há ainda o potencial de aumento de custos econômicos e físicos associados às mudanças climáticas e ao aumento das temperaturas, decorrentes de uma economia dependente de combustíveis fósseis.

Oportunidade econômica

Em contraste, delineamos uma grande oportunidade econômica para os formuladores de políticas públicas no Brasil, por meio de uma ampla gama de benefícios. Em primeiro lugar, a adoção acelerada de BEVs geraria economias significativas nas importações de combustíveis fósseis. Em segundo lugar, há os benefícios à saúde, com efeitos indiretos sobre a economia, decorrentes da redução da poluição e da melhoria da qualidade do ar. Em terceiro lugar, há o ganho econômico associado a uma estratégia industrial que priorize o desenvolvimento de um mercado brasileiro de BEVs. Os formuladores de políticas públicas no Brasil podem aprender lições positivas com outros países do Sul Global que criaram setores domésticos robustos de mercado de BEVs.

Oportunidade política

Este relatório foi elaborado tendo como pano de fundo a projeção da relevância política do governo brasileiro no cenário global. Embora o Brasil tenha acabado de sediar a COP30, continuará exercendo a Presidência até a COP31, que ocorrerá na Turquia neste mês de novembro. Assim, o governo continuará a ter oportunidades relevantes para promover suas ações domésticas e demonstrar liderança internacional na transição energética.

Além disso, o Brasil encontra-se bem-posicionado no âmbito do BRICS para exercer liderança na transição global para uma economia de baixo carbono. Uma estratégia econômica que tenha como núcleo um conjunto de medidas de política pública voltadas a acelerar a consolidação de um mercado de BEVs pode, portanto, gerar importantes ganhos políticos e estratégicos para o Brasil, além de todos os claros benefícios econômicos.

8 Apêndice

Biocombustíveis no Brasil

Os biocombustíveis têm sido centrais na estratégia de transporte do Brasil desde a década de 1970, quando a disparada dos preços do petróleo e a forte dependência de importações levaram ao lançamento do Programa Nacional do Álcool (Proálcool). A política reduziu a dependência do petróleo ao mesmo tempo em que apoiou a agricultura, elevando a participação de veículos movidos a etanol de 0,3% para 96% entre 1979 e 1985 (Figura 4). Posteriormente, a queda dos preços do petróleo, a redução de subsídios e problemas de oferta levaram ao colapso do mercado, com os automóveis a etanol representando apenas 0,1% das vendas em 1997³⁰. No início dos anos 2000, houve uma retomada, à medida que os veículos com sistema flex-fuel se tornaram o padrão; em 2008, sua participação atingiu 90%, sustentada por preços elevados do petróleo e pela demanda por combustíveis mais sustentáveis. A adoção do sistema flex-fuel permaneceu dominante desde então, ficando abaixo de 90% apenas duas vezes em 17 anos e, mais recentemente em 2024, quando caiu para 85%, à medida que os veículos eletrificados passaram a ganhar participação de mercado. A trajetória do Brasil encontra paralelo na Indonésia, que vem expandindo o uso de biocombustíveis para reduzir as importações de petróleo e apoiar seu setor de óleo de palma. Junto com a Índia, esses países responderam por mais da metade da demanda global por biocombustíveis no transporte entre 2017 e 2022³¹. Apesar disso, e em grande parte devido ao tamanho de sua frota veicular, os Estados Unidos são o maior consumidor de biocombustíveis do mundo, utilizando misturas E10 de etanol na gasolina desde 2005.

A preferência dos consumidores pelo etanol surgiu durante os choques do petróleo da década de 1970, quando o combustível era mais barato que a gasolina. Embora o etanol tenha apenas 67% da densidade energética da gasolina, seu maior índice de octanagem permite maior eficiência do motor. É necessário cerca de 20 a 30% a mais etanol por km, o que o torna competitivo desde que seu preço permaneça abaixo de 70 a 80% do preço da gasolina. A confiança caiu na década de 1990, à medida que os preços do petróleo diminuíram e problemas de abastecimento deixaram motoristas sem possibilidade de reabastecer; além disso, os automóveis a etanol brasileiros não podiam ser utilizados no exterior. A introdução dos veículos flex-fuel no início dos anos 2000 restaurou a demanda, ao permitir qualquer mistura de etanol e gasolina. Atualmente, os veículos flex-fuel representam 85% das novas vendas, com uma mistura mínima obrigatória de 30% de etanol nos combustíveis. Os veículos pesados operam principalmente com biodiesel, com uma mistura mínima obrigatória de 15% de biocombustível.

30 José Goldemberg, *The Brazilian biofuels industry* (A indústria brasileira de biocombustíveis), 2008

31 IEA, *Renewables 2023, Transport Biofuels* (Biocombustíveis de transporte)

TABELA 10 INCENTIVOS E REGULAMENTAÇÕES DE ELETRIFICAÇÃO POR PAÍS / REGIÃO (GOVERNOS)

País / Região	Tipo de veículo	Incentivos	Exigências / requisitos regulatórios	Participação de BEVs em 2024
Estados Unidos	LDV	Créditos fiscais do IRA (US\$ 7.500 para veículos novos, US\$ 4.000 para usados)*	Padrões de emissões de GEE em escapamentos da EPA (2027–2032); padrões CAFE da NHTSA; exigências ZEV da Califórnia (35% até 2026 → 100% até 2035, adotado por 13 estados)	9,5%
	HDV / Ônibus	Créditos fiscais do IRA para veículos comerciais limpos; financiamento de infraestrutura do IIJA*	Padrões de GEE Fase 3 da EPA para veículos pesados (redução de até 60% até 2032); Advanced Clean Trucks da CARB (100% até 2040); Advanced Clean Fleets da CARB (implementação faseada, com fiscalização suspensa)	1%
União Europeia	LDV	(Indireto - algum apoio à infraestrutura de recarga)	Padrões médios de CO ₂ da frota: 15% até 2025, 55% até 2030, 100% até 2035	Cerca de 15%
	HDV / Ônibus	Lei de infraestrutura AFIR (recarga/hidrogênio)	Reduções médias de CO ₂ da frota: –5% até 2025, –45% até 2030, –90% até 2040; ônibus urbanos: 100% ZE até 2035	2,8% UE e EFTA (ex-Noruega)
Reino Unido	LDV	Subsídios para Veículos Elétricos (£ 1.500 a £ 3.750); financiamento de infraestrutura (recarga em casa/local de trabalho, expansão de carregadores rápidos)	Exigências de ZEV: 22% em 2024 → 100% até 2035	17,4%
	HDV / Ônibus	Subsídio para caminhões plug-in (£16 mil a 25 mil, dependendo do peso); incentivo para ônibus de emissão zero; subsídios para infraestrutura	Fim da venda de caminhões pesados não ZEV <26 t até 2035; todos os novos caminhões pesados não ZEV proibidos a partir de 2040	5,1%
Noruega	LDV	Isenção de IVA (parcial desde 2023); isenções de imposto de importação		89%
	HDV / Ônibus	Isenções de IVA, taxas de registro e pedágios	Todos os novos veículos pesados ZEV ou a biogás até 2030; todos os novos veículos de transporte público ZEV até 2024	10,8%
China	LDV	Isenção do imposto de compra de NEVs (2024–2027); privilégios de licenciamento/placas	Sistema de créditos duplos: CAFC + cota de NEVs crescente ao longo do tempo	24%
	HDV / Ônibus	Subsídios para ônibus e caminhões NEV; isenções do imposto de compra	Aperto dos padrões China VI (VI-b desde 2023)	11,8%

País / Região	Tipo de veículo	Incentivos	Exigências / requisitos regulatórios	Participação de BEVs em 2024
Cingapura	LDV	Incentivo à Adoção Inicial de Veículos Elétricos (teto de S\$ 15 mil); descontos do VES (Vehicle Emissions Scheme) de até S\$ 25 mil; valor mínimo da ARF (taxa adicional de registros de veículos de Cingapura) reduzido para S\$ 0; cofinanciamento para infraestrutura de recarga		33,6%
	HDV / Ônibus	Reembolsos do Programa de Emissões de Veículos Comerciais (CVES - Commercial Vehicle Emissions Scheme) de Cingapura de até S\$ 20 mil; Programa de Renovação Antecipada da Frota (Early Turnover Scheme); subsídios do programa de Emissão Zero para Veículos Pesados (HVZES - Heavy Vehicle Zero Emissions Scheme) de Cingapura de até S\$ 40 mil por veículo; cofinanciamento de subsídios para instalação de carregadores	Compromisso em MOU: 30% das vendas de ZEV até 2030, 100% até 2040	Estimativa: 9,6% (HGV BEV: 0,9% de 1.177. Ônibus BEV: 12,6% de 214)
Nepal	LDV	Alíquotas de importação menores (15 a 40% vs. até 228% para ICE); reduções/isenções de imposto veicular; eletricidade subsidiada para recarga		Cerca de 75%
Etiópia	LDV	% de imposto seletivo sobre VEs; imposto de importação reduzido em relação aos ICE	Incentiva as importações de veículos elétricos usados	Cerca de 60%
	HDV / Ônibus		Exigência: dispositivos de controle de emissões exigidos para frotas diesel mais antigas	

Fonte: Carbon Tracker, MarkLines, KGP GlobalData

Observações: Créditos fiscais removidos a partir de 30 de setembro de 2025. Créditos fiscais também removidos para veículos comerciais.

Ministérios do Governo Brasileiro

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, cujas principais atribuições incluem a formulação de políticas para a indústria e o comércio exterior, bem como a promoção da propriedade intelectual e da transferência de tecnologia. Esse ministério também pode optar pela aplicação de mecanismos de defesa comercial, como tarifas.

Ministério de Minas e Energia, responsável pelas políticas relacionadas ao uso de minerais e energia, petróleo, combustíveis e eletricidade. Será fundamental considerá-lo na implementação de políticas de apoio às indústrias de baterias e ao aumento da demanda por energia elétrica.

Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, responsável por avaliar os impactos socioeconômicos das políticas e programas governamentais. Embora este relatório não seja direcionado diretamente a esse ministério, nossa análise dos benefícios sociais pode ser de particular interesse para sua atuação.

Ministério da Saúde, que, embora não esteja diretamente ligado às recomendações apresentadas, pode oferecer apoio fundamental no que diz respeito aos benefícios à saúde discutidos no relatório e à redução da carga e dos gastos do sistema público de saúde.

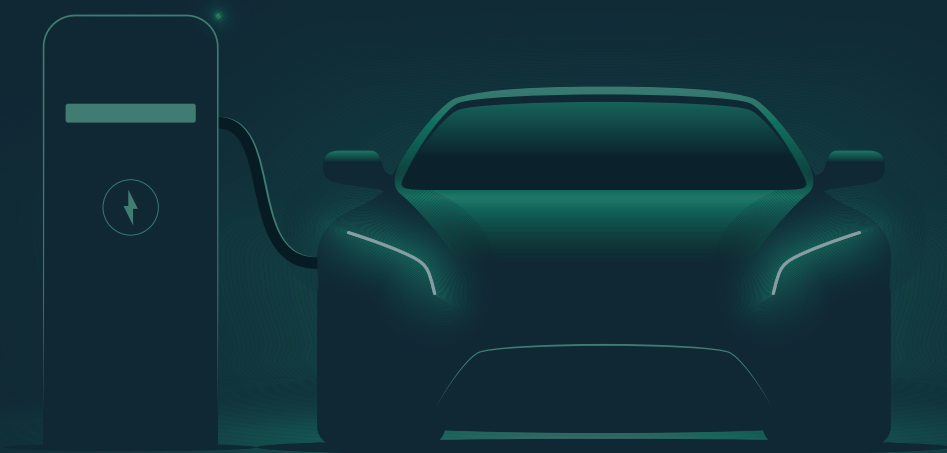
Ministério dos Transportes, responsável por projetos e pela regulação direta relacionados ao setor de transportes.

Ministério do Meio Ambiente, cuja missão é formular políticas econômicas e sociais voltadas à proteção da qualidade ambiental e à promoção do uso sustentável dos recursos naturais.

Isenção de responsabilidade

A Carbon Tracker é uma organização sem fins lucrativos criada para produzir novas reflexões sobre risco climático. A organização é financiada por várias fundações europeias e norte-americanas. A Carbon Tracker não é consultora de investimentos e não faz qualquer declaração quanto à conveniência de investir em qualquer empresa, fundo de investimento ou outro veículo específico. A decisão de investir em qualquer fundo de investimento ou outra entidade não deve ser tomada com base em quaisquer das declarações contidas nesta publicação. Embora a organização tenha obtido informações consideradas confiáveis, não se responsabiliza por quaisquer reivindicações ou perdas de qualquer natureza relacionadas às informações contidas neste documento, incluindo, entre outras, perda de lucros ou danos punitivos ou consequenciais.

As informações utilizadas para a elaboração deste relatório foram coletadas a partir de várias fontes de domínio público e de detentores de licenças da Carbon Tracker. Parte do conteúdo pode ser proprietário e pertencer à Carbon Tracker ou a seus detentores de licenças. As informações contidas neste relatório de pesquisa não constituem oferta de venda de valores mobiliários nem solicitação de oferta de compra, nem recomendação de investimento em quaisquer valores mobiliários em qualquer jurisdição. As informações não se destinam a constituir aconselhamento financeiro. Este relatório de pesquisa fornece apenas informações gerais. As informações e opiniões constituem um juízo na data indicada e estão sujeitas a alterações sem aviso prévio. As informações podem, portanto, não estar corretas ou atualizadas. As informações e opiniões contidas neste relatório foram compiladas ou obtidas a partir de fontes consideradas confiáveis e de boa-fé; contudo, a Carbon Tracker não presta qualquer declaração ou garantia, expressa ou implícita, quanto à sua exatidão, integridade ou correção, nem garante que as informações estejam atualizadas.



Sobre a Carbon Tracker

A Carbon Tracker é uma equipe de especialistas financeiros que tornam real o risco climático nos mercados de capitais de hoje. Nossa pesquisa até o momento sobre carbono não queimável e ativos encalhados deu início a um novo debate sobre como alinhar o sistema financeiro à transição para uma economia de baixo carbono.

Sobre os autores

Ben Scott – Chefe de Demanda de Energia

Ben ingressou na Carbon Tracker em 2022, com foco no setor automotivo. Antes de ingressar na Carbon Tracker, Ben trabalhou no MUFG Bank em Londres, gerando análises financeiras e setoriais sobre o setor automotivo para ajudar a gerenciar a exposição de crédito e o apetite ao risco do banco. Ele também atuou diretamente na indústria automotiva na Aston Martin Lagonda. Ben começou sua carreira na IHS Markit (atualmente parte da S&P Global), onde liderou o serviço de pesquisa em E-Mobility, com foco em descarbonização e legislação de emissões. Ben é formado em Física pela Universidade de Leeds.

Philip Hunter – Analista

Philip tem 20 anos de experiência no setor de gestão de ativos, tendo trabalhado anteriormente como analista global de ações e gestor de portfólio na Universities Superannuation Scheme e na Old Mutual Asset Managers. Philip é mestre em TI pela Universidade de Stirling.

Michael Wells, CFA – Analista

Michael se juntou à equipe do Carbon Tracker como Analista de Demanda de Energia. Antes disso, Michael trabalhou como consultor de investimentos, prestando aconselhamento estratégico para vários clientes institucionais. Michael também tem experiência em financiamento de projetos, fornecendo análise financeira para projetos no mercado voluntário de carbono.

Richard Folland – Chefe de Políticas

Richard Folland é consultor de política e assuntos governamentais da Carbon Tracker desde 2014 e, em 2023, ingressou como Chefe de Políticas. Richard tem mais de 30 anos de experiência como diplomata e defensor de políticas públicas, atuando no mais alto nível, com base na Europa e em outros locais. Ele trabalhou na agenda de clima e energia, como formulador de políticas públicas e como consultor no setor privado, por 15 anos. Ex-Chefe de Política Internacional de Energia do Ministério das Relações Exteriores do Reino Unido, Richard também atuou como Consultor Europeu de Energia e Mudança Climática do JPMorgan, Diretor Executivo da Climate Markets and Investment Association (CMIA) e Chefe de Energia e Meio Ambiente da Inline Policy. Ele foi cofundador da empresa de consultoria estratégica Sustineri, trabalhando com investidores institucionais em questões climáticas e de sustentabilidade.

Agradecimentos

Agradecemos à CALSTART pelo apoio e pela colaboração contínua nos trabalhos de modelagem deste relatório. Agradecemos a Niall Considine e Harry Benham pela revisão por pares e pelas orientações.



Para obter mais informações, entre em contato:

Marina Piligkou | Engagement Officer

marina.piligkou@tracker-group.org

www.carbontracker.org
