

O potencial de descarbonização do programa MOVER: Explorando variações nas vendas de veículos de diferentes tecnologias até 2027

André Cieplinski

INTRODUÇÃO

Em 11 de junho de 2024, o Congresso Nacional aprovou o Projeto de Lei nº 914/2024, que instituiu o programa Mobilidade Verde e Inovação (MOVER). A iniciativa, introduzida por uma Medida Provisória em dezembro de 2023, regulamenta as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e estabelece incentivos para a venda de veículos com maior eficiência energética e de novas tecnologias, como elétricos e híbridos¹. O Projeto de Lei aprovado determina as reduções do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) para veículos menos poluentes, estabelece créditos fiscais para empresas que investirem em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias limpas e ainda reduz impostos de importação para autopeças que não tenham capacidade de produção nacional equivalente.

Espera-se que em breve o governo federal decidirá as novas metas de redução de emissões de GEE compatíveis com os benefícios fiscais do programa MOVER. Estas novas metas, para carros de passeio e veículos comerciais leves, determinarão as reduções médias de emissões de GEE no ciclo de vida do poço à roda² que devem ser atingidas entre 2023 e 2027.

O anúncio de R\$ 19 bilhões de incentivos fiscais, previstos pelo programa MOVER até 2028, foi seguido pela divulgação de cerca de R\$ 100 bilhões em novos investimentos

www.theicct.org

communications@theicct.org

[@theicct.org](https://twitter.com/theicct.org)

- 1 Para a Medida Provisória que instituiu o programa, ver Medida Provisória Nº 1.205, de 30 de dezembro de 2023, <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=30/12/2023&jornal=616&pagina=1&totalArquivos=4>; para o Projeto de Lei aprovado pelo Congresso, ver Projeto de Lei Nº 914, de 21 de março de 2024, https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2398197&filename=Tramitacao-PL%20914/2024.
- 2 Este conceito de análise do ciclo de vida considera as emissões de GEE associadas a extração de recursos naturais, produção e distribuição dos combustíveis, biocombustíveis e eletricidade, assim como as emissões no uso em veículos, ou seja, emissões de escapamento para veículos a combustão.

no setor automotivo até o final desta década³. As metas de descarbonização do MOVER provavelmente serão atingidas por uma combinação de ganhos de eficiência energética nos veículos com motores a combustão e introdução de novas tecnologias. Em particular, é esperado um aumento da produção nacional de veículos híbridos (HEVs, do inglês *hybrid electric vehicles*), híbridos *plug-in* (PHEVs, de *plug-in hybrid electric vehicles*) e veículos elétricos à bateria (BEVs, de *battery electric vehicles*).

Este estudo avalia o potencial do programa MOVER para reduzir as emissões médias de GEE em veículos novos vendidos no Brasil, considerando vendas de híbridos e elétricos, bem como de ganhos de eficiência energética em novos veículos a combustão. A análise considera o potencial de mitigação diretamente ligado às montadoras reguladas pelo programa MOVER, ou seja, avalia as reduções de emissões que decorrem de mudanças nas características dos veículos vendidos. Fatores que podem reduzir emissões, mas estão além do alcance do programa, são mantidos fixos entre 2023 e 2027.

DADOS E METODOLOGIA

O objetivo desta análise é avaliar o potencial de redução de GEE resultante de diferentes combinações de tecnologias veiculares na frota brasileira. Para fazer isso, esta análise considera apenas reduções de emissões em função de mudanças nos modelos vendidos, ou seja, variações nas vendas de veículos elétricos e híbridos, e melhorias na eficiência energética dos motores a combustão. Isso se faz necessário para avaliar exclusivamente as reduções de emissões ligadas a entidades reguladas pelo programa MOVER, incluindo fabricantes e importadores de veículos. Outros fatores que estão além deste escopo, como o uso relativo de etanol e gasolina nos carros flex e a intensidade de carbono da geração de eletricidade, são mantidos fixos entre 2023 e 2027.

Adicionalmente, foi preciso adotar uma metodologia capaz de lidar com as incertezas quanto à evolução das vendas de veículos novos e de suas características até 2027. Como não se sabe como será o avanço das vendas de veículos elétricos, híbridos e a combustão em 2027, optamos por calcular qual seria a redução de emissões de GEE em função de diversos cenários para a evolução da participação destas tecnologias nas vendas.

Primeiro calculamos a média de emissões de GEE, do poço à roda, de todos os veículos vendidos em 2023, incluindo veículos a combustão interna, elétricos, híbridos convencionais e híbridos *plug-in*. São utilizados dados de vendas de veículos em 2023 por modelo-versão⁴, dados da eficiência energética de cada modelo-versão e da autonomia em modo elétrico dos PHEVs⁵, além dos fatores de emissão do poço à roda de gasolina C, etanol hidratado, diesel B e eletricidade⁶. A parcela de condução em modo elétrico nos veículos PHEV foi calculada utilizando os valores da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, do inglês *Environmental Protection*

3 “Anfavea Prevê Investimentos de R\$ 100 bi na Indústria Automotiva após Anúncio do Mover,” *Exame*, 8 de fevereiro de 2024, <https://exame.com/economia/anfavea-preve-investimentos-de-r-100-bi-na-industria-automotiva-apos-anuncio-do-mover/>.

4 Jato Dynamics, *Vendas de Carros e Comerciais Leves no Brasil, 2021-2024* [banco de dados], 2024.

5 Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, *Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular 2023* (atualizado em 21 de novembro de 2023), <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/veiculos-automotivos-pbe-veicular/pbe-veicular-2023.pdf/view>. São adotados os valores de eficiência energética sem correções para as condições reais de condução, apresentados na coluna de “Consumo Energético (MJ/km).”

6 Empresa de Pesquisa Energética *Descarbonização do Setor de Transporte Rodoviário: Intensidade de Carbono das Fontes de Energia (Nota Técnica EPE/DPG/SDB/2022/03)* (setembro de 2022) https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-708/NT-EPE-DPG-SDB-2022-03_Intensidade_de_carbono_Transporte_Rodoviario.pdf

Agency) em função da sua autonomia em modo elétrico⁷. Esta curva é apresentada na Figura A.1.

A partir destes dados, é possível conceber veículos médios para cada *powertrain*⁸ fornecido em cada segmento, caracterizados por uma eficiência energética média e, no caso dos PHEVs, também por uma parcela média de condução em modo elétrico. As emissões do poço à roda destes veículos médios (em gCO_2e/km) são obtidas multiplicando sua eficiência energética pelo fator de emissão de seus respectivos combustíveis ou eletricidade⁹. Por fim, a média de emissões dos carros de passeio (CPs) e veículos comerciais leves (VCLs) de 2023 é calculada ponderando as emissões dos *powertrains* médios por seus *market shares* dentro de cada segmento e pelo *market share* de cada segmento no total de vendas (ver Equação A.1). A alocação de cada segmento entre CP e VCL, assim como os *powertrains* disponíveis em cada segmento, são listados na Tabela A.1.

Em seguida, simulamos 5.000 cenários para estimar as metas de redução de emissões possíveis para 2027, para compreender o potencial de redução de emissões de uma ampla gama de configurações possíveis das vendas. Nestes cenários, são selecionados valores aleatoriamente que representam a evolução entre 2023 e 2027 dos *market shares* de cada tipo de motorização ou *powertrain* dentro de cada segmento. A participação relativa de cada segmento nas vendas é mantida fixa. Para o aumento de eficiência energética nos motores a combustão, também utilizamos um valor fixo de 2% ao ano, muito próximo às últimas metas do programa Rota 2030, atingidas em 2022, que exigiam ganhos de eficiência energética de 10,5% em 5 anos, ou cerca de 2,1% ao ano¹⁰. Tais metas foram superadas, na média, com ganhos de 12,7%, ou 2,5% ao ano¹¹. Maiores detalhes e a lista completa das variáveis cujos valores são selecionados aleatoriamente são apresentados no Apêndice.

Após a extração dos valores aleatórios, calculamos as emissões médias dos CPs e dos VCLs nas 5.000 simulações, bem como sua redução percentual em relação a 2023. Deste modo, foi possível construir um banco de dados que relaciona metas de redução de emissões com a evolução das vendas de BEVs, de HEVs e de PHEVs. Os passos adotados para calcular as metas estão resumidos na Figura 1. As distribuições projetadas das reduções de emissões de GEE (%) para 2027 são apresentadas nos dois gráficos da Figura A.2.

7 EPA, *Final Rule to Revise Existing National GHG Emissions Standards for Passenger Cars and Light Trucks Through Model Year 2026: EPA Model Runs and Files Supporting the Final Rule's Benefit-Cost Analysis* (2021), <https://www.epa.gov/regulations-emissions-vehicles-and-engines/final-rule-revise-existing-national-ghg-emissions>.

8 O termo *powertrain* ou trem de força refere-se ao conjunto de peças e componentes responsáveis pela tração dos veículos, incluindo motores, eixos de transmissão, transmissão diferenciais, rodas e bateria no caso dos elétricos. Neste estudo, são considerados BEVs, híbridos a gasolina (HEVGs) e flex (HEVFs), híbridos plug-in a gasolina (PHEVGs) e flex (PHEVFs), e veículos a combustão a gasolina (ICEGs), flex (ICEGs) e a diesel (ICEDs).

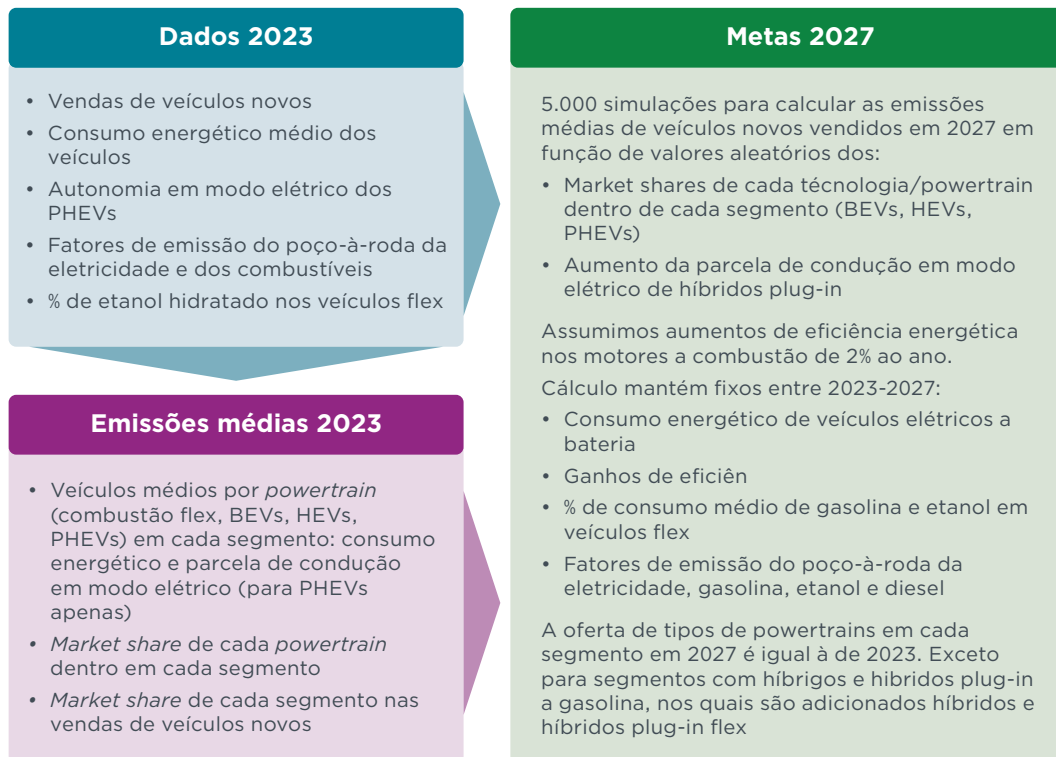
9 Para todos os *powertrains* a combustão flex, utilizou-se um percentual fixo de gasolina C (60% vol.) e etanol hidratado (40% vol.).

10 Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, *Programa Rota 2030: Mobilidade e Logística* [Apresentação do PowerPoint] (sem data), https://anfavea.com.br/site/wp-content/uploads/2022/12/Apresentacao_Programa_Rota_20301.pdf.

11 Hairton Ponciano Voz, "Montadores Cumprem Metas do Rota 2030. Algumas Passam Raspando," *Autodata*, 17 de novembro de 2022, <https://www.autodata.com.br/noticias/2022/11/17/montadoras-cumprem-metas-do-rota-2030-algumas-passam-raspando-/48541/>.

Figura 1

Resumo da metodologia de cálculo dos cenários de redução de emissões do poço à roda



CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO [THEICT.ORG](https://theicct.org)

Outros fatores que potencialmente afetam as emissões de GEE, mas estão além do alcance do programa, foram mantidos fixos entre 2023 e 2027, incluindo os percentuais de etanol e gasolina consumidos nos veículos flex e a participação relativa de cada segmento nas vendas. Também não prevemos a introdução de novos *powertrains* por segmento até 2027. Por exemplo, se em 2023 não havia oferta de picapes elétricas ou híbridas, estes *powertrains* também não são incluídos nas vendas de picapes de 2027, uma vez que as características de eventuais novos modelos não são conhecidas. Uma única exceção a esta regra é feita para os PHEVs e HEVs flex. Optamos por incluir estes *powertrains* em todos os segmentos que, em 2023, possuíam apenas HEVs e PHEVs a gasolina, assumindo o mesmo consumo energético tanto no motor a combustão quanto no modo elétrico.

Também devemos destacar que o cálculo da parcela de condução em modo elétrico dos PHEVs a partir de EPA superestima o potencial de mitigação de emissões real destes veículos¹². Segundo Isenstadt et al.¹³, a parcela real de condução no modo elétrico é de 26% a 56% menor do que a assumida em EPA. A curva utilizada para calcular a parcela da condução em modo elétrico dos PHEVs é apresentada na Figura A.1.

Por fim, os resultados apresentados a seguir são baseados exclusivamente em modelos-versão de veículos com vendas acima de 100 unidades em 2023. Este recorte

¹² EPA, *Final Rule*.

¹³ Aaron Isenstadt, Zifei Yang, Stephanie Searle, e John German, *Real-world Usage of Plug-in Hybrid Vehicles in the United States* (International Council on Clean Transportation, 2022), <https://theicct.org/publication/real-world-phev-us-dec22/>.

resultou em um total de 2,15 milhões de veículos leves em nossa base de dados¹⁴. Este valor é cerca de 1% inferior aos 2,18 milhões de veículos leves vendidos em 2023¹⁵.

RESULTADOS

Os resultados da análise para CPs e VCLs são apresentados nas Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente. As tabelas agrupam nas colunas os cenários simulados por faixas de redução de emissões de GEE entre 2023 e 2027. As linhas mostram os valores médios dos *market shares* de BEVs, PHEVs e HEVs para atingir, em 2027, as reduções de emissões listadas nas colunas. Por exemplo, nos cenários com reduções de GEE entre 10% e 12,5% da Tabela 1, em média, 4,7% dos veículos vendidos em 2027 são BEVs enquanto 5,8% são PHEVs. Para comparação, a primeira coluna das tabelas apresenta os valores observados em 2023. A Tabela 1 também apresenta os *market shares* de HEVs e PHEVs flex¹⁶. A distribuição de todas as simulações é apresentada na Figura A.2.

Tabela 1

Percentual médio das vendas de novos carros de passeio por faixas de redução de emissões do poço à roda (%), entre 2023 e 2027.

		2023	Faixas de redução nas emissões de CO ₂ e/km (%) entre 2023 e 2027				
			10% ou menos	10% a 12,5%	12,5% a 15%	15% a 17,5%	17,5% ou mais
Market share de powertrains	BEVs	0,9%	2,8%	4,7%	7,2%	9,7%	11,8%
	PHEVs	1,6%	5,4%	5,8%	5,9%	6,0%	6,4%
	PHEVs flex	0,0%	3,4%	3,6%	3,7%	3,7%	4,0%
	HEVs	1,8%	6,8%	7,6%	7,9%	8,3%	9,2%
	HEVs flex	1,0%	5,0%	5,8%	6,1%	6,5%	7,2%

Tabela 2

Percentual médio das vendas de novos veículos comerciais leves por faixas de redução de emissões do poço à roda (%) entre 2023 e 2027.

		2023	Faixas de redução nas emissões de CO ₂ e/km (%) entre 2023 e 2027			
			0% a 5%	5% a 10%	10% A 15%	15% ou mais
Market share de powertrains	BEVs	0,3%	1,2%	2,0%	2,8%	4,2%

Observando as colunas da Tabela 1 do menor (esquerda) ao maior (direita) potencial de redução de emissões, notamos um aumento gradual da penetração de elétricos e híbridos, com um aumento mais pronunciado de BEVs nos cenários com maiores reduções de GEE. Representando menos de 1% das vendas em 2023, os elétricos chegaram a 3% no primeiro trimestre de 2024 e podem contribuir para metas de redução de GEE de 15% ou mais se superarem 9,7% das vendas até 2027. Por outro lado, uma meta de cerca de 10% é compatível com um market share de BEVs já vigente no mercado nacional e poderia ser atingida com ganhos de eficiência anuais menores do que no último ciclo do programa Rota 2030. A variação dos *powertrains* híbridos é menor entre as colunas devido ao menor potencial de mitigação dessas

¹⁴ Jato Dynamics, *Vendas de Carros e Comerciais Leves no Brasil*.

¹⁵ Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores, *Informativo – Emplacamentos: Resumo Mensal Dezembro de 2023 (ed. 252)* (janeiro de 2024), <https://www.fenabrave.org.br/portaltv2/Conteudo/emplacamentos>.

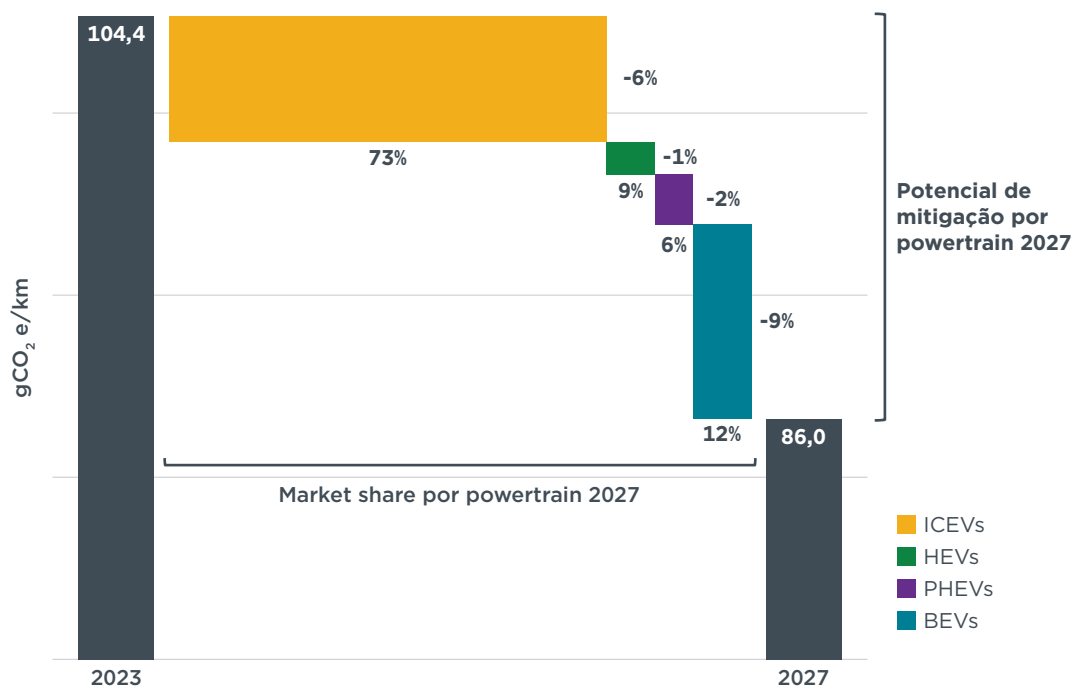
¹⁶ Os *market shares* de HEVs e PHEVs a gasolina podem ser obtidos pela diferença entre o total e os modelos flex.

tecnologias em comparação com BEVs¹⁷. Mas ainda assim, em comparação com 2023, percebemos um aumento dos híbridos e híbridos plug-in flex em cenários com maiores reduções de emissões. Esses resultados reforçam a importância dos BEVs para acelerar a descarbonização dos carros de passeio. Vendas de BEVs equivalentes a 12% do total são compatíveis com reduções de emissões de GEE de 17,5% ou mais.

A Tabela 2 avalia os cenários para veículos comerciais leves. As maiores reduções médias de emissões calculadas nas simulações são menores em comparação com os carros de passeio, principalmente devido à menor disponibilidade de modelos elétricos e híbridos nos dois segmentos considerados: picapes grandes e comerciais. Ainda assim, os cenários com maiores reduções de GEE também são marcados por maiores vendas de veículos elétricos. As vendas de 4,2% de BEVs em 2027 representam uma penetração de 19,4% de BEVs entre vans e furgões, que por sua vez correspondem a 21% das vendas de comerciais leves projetadas para 2027.

Por fim, a Figura 2 ilustra o potencial de mitigação de ganhos das vendas de veículos a combustão com ganhos de eficiência energética, híbridos, híbridos *plug-in* e elétricos para carros de passeio. A barra mais à esquerda apresenta as emissões médias do poço à roda dos veículos vendidos em 2023 e a barra mais à direita as emissões que podem ser alcançadas em 2027. Os retângulos entre as barras indicam o potencial de redução de emissões dos ICEVs, HEVs, PHEVs and BEVs, na vertical, e seus respectivos *market shares* médios em 2027, na horizontal. Estas contribuições foram calculadas assumindo ganhos de eficiência compatíveis com os do programa Rota 2030, de 2% ao ano, e os *market shares* dos *powertrains* observados nos cenários com reduções de emissões de 17,5% ou mais da Tabela 1.

Figura 2
Potencial de redução de emissões do poço à roda entre 2023 e 2027 (%) para carros de passeio em função de vendas de ICEVs, HEVs, PHEVs e BEVs.



CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO [THEICCT.ORG](https://theicct.org)

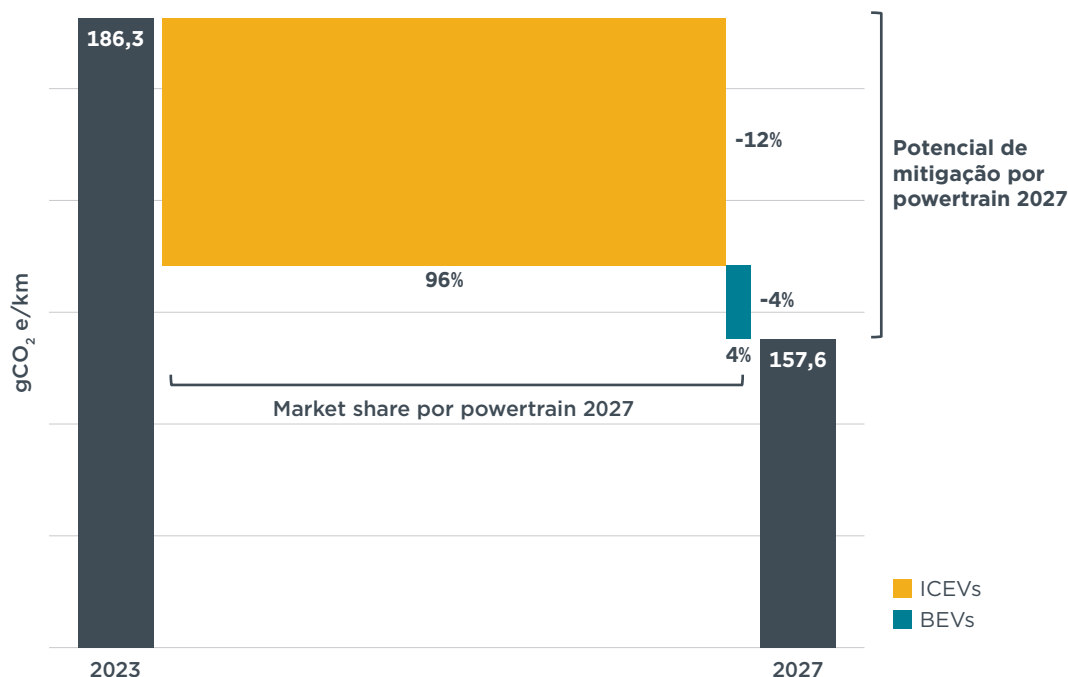
¹⁷ André Cieplinski, *Os Riscos da Aposta em Carros Plug-In Flex no Brasil* (International Council on Clean Transportation, 2024), <https://theicct.org/riscos-da-aposta-em-carros-hibridos-plug-in-flex-fuel-brasil-jan24/>.

A Figura 2 destaca o potencial de descarbonização dos BEVs. Com uma participação de apenas 12% nas vendas, os BEVs têm um potencial de descarbonização de 9%, maior ao dos ICEVs com ganhos de eficiência energética (6%), que representam 73% das vendas. Com market shares de 9% e 6%, veículos híbridos e híbridos plug-in contribuem para reduções de emissões de 1% e 2%, respectivamente.

A Figura 3 replica a mesma análise para veículos comerciais leves, utilizando os market shares das simulações com reduções de emissões de 15% ou mais da Tabela 2.

Figura 3

Potencial de redução de emissões do poço à roda entre 2023 e 2027 (%) para veículos comerciais leves em função de vendas de ICEVs e BEVs.



CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO [THEICCT.ORG](https://www.theicct.org)

Na Figura 3, o potencial de mitigação dos veículos comerciais leves depende apenas de BEVs e da eficiência energética dos ICEVs, em função da falta de modelos elétricos e híbridos no segmento de picapes grandes. Ainda assim, um *market share* de 4,2% dos BEVs comerciais leves resulta em uma redução de emissões de 4%.

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Este estudo analisou o potencial de redução de GEE resultante de uma ampla gama de combinações de tecnologias veiculares para fornecer subsídios para discussões sobre as novas metas de redução de emissões de GEE do programa MOVER. Em contraste com as metas anteriores do programa Rota 2030, os veículos elétricos e os híbridos contribuirão fundamentalmente para as metas do novo programa. Em particular, esperamos um aumento da oferta de modelos elétricos e híbridos devido ao início da produção nacional¹⁸.

Esta análise identificou cenários que resultaram em reduções de 17,5% para carros de passeio e 15% para veículos comerciais leves, até 2027. Em função do aumento da oferta de elétricos e híbridos, metas inferiores, entre 10% e 12,5% para

¹⁸ Exame, "Anfavea Prevê Investimentos."

carros de passeio e entre 5% e 10% para comerciais leves, poderiam ser atingidas com pequenos ganhos de eficiência nos novos veículos a combustão. Estas menores reduções de emissões não fornecem incentivos adequados para o desenvolvimento da competitividade da indústria automotiva nacional por meio da produção de veículos de baixa emissão, se puderem ser atingidas apenas com ganhos de eficiência dos motores a combustão. Alternativamente, combinações de motores a combustão mais eficientes com aumentos das vendas de veículos elétricos criam a oportunidade de atingir maiores reduções de GEE.

Nesta análise, um market share de BEVs de 12% em 2027 está associado a reduções de emissões do poço à roda de 9% nos cenários projetados para 2027, valor maior do que a mitigação atingida por ganhos de eficiência energética nos ICEVs, que representam 73% das vendas. Estes resultados estão em linha com o maior potencial de mitigação dos BEVs no Brasil, que em nossas estimativas emitem de 65% a 67% menos do que veículos a combustão flex no ciclo de vida¹⁹.

Incentivos ao aumento da oferta de veículos elétricos em segmentos específicos, como picapes compactas e grandes, poderiam ajudar a alcançar reduções de emissões ainda maiores do que as calculadas neste estudo. Até 2023, estes dois segmentos não contavam com modelos elétricos com vendas acima de 100 unidades. Outros segmentos, principalmente de veículos menores, como compactos e sub-compactos, ainda possuem uma oferta limitada de elétricos a bateria.

Os resultados sugerem que a combinação de um aumento nas vendas de veículos elétricos com ganhos de eficiência energética nos motores a combustão possibilita o alcance de metas ambiciosas para 2027, com reduções projetadas nas emissões entre 15% e 17,5% em quatro anos. Assim, o programa MOVER pode representar um passo fundamental na descarbonização da frota nacional e contribuir efetivamente para atingir o objetivo de neutralidade climática em 2050²⁰.

19 Zamir Mera, Georg Bieker, Ana Beatriz Reboças, e André Cieplinski, *Comparação das emissões de gases de efeito estufa no ciclo de vida de carros de passeio a combustão e elétricos no Brasil* (International Council on Clean Transportation, 2023), <https://theicct.org/publication/comparacao-das-emissoes-de-gee-ao-longo-do-ciclo-de-vida-de-motores-de-combustao-flex-e-eletricos-veiculos-de-passageiros-brasil-oct23/>.

20 Governo do Brasil, *Contribuição Nacional Determinada (NDC) Para o Acordo de Paris no Âmbito da UNFCCC* (atualizado 27 de outubro de 2023), <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/mudanca-do-clima/NDC>.

APÊNDICE

Este apêndice apresenta informações adicionais sobre a metodologia utilizada para calcular os cenários de redução de emissões e complementa a seção Dados e Metodologia.

Os 5.000 cenários para 2027 são calculados separadamente para CPs e VCLs. Veículos dos segmentos que possuíam uma meta isolada no programa Rota 2030, SUVs grandes e Off-Road grandes²¹, são alocados na meta de carros de passeio. A alocação dos veículos de cada segmento listado do programa brasileiro de etiquetagem veicular²² entre carros de passeio e comerciais leves é apresentada na Tabela A.1.

A Tabela A.1 também lista os *powertrains* disponíveis em cada segmento em 2023 e o total de vendas no mesmo ano.

Tabela A.1

Correspondência entre segmentos e metas de CPs e VCLs, lista de powertrain ofertados em cada segmento em 2023 e vendas totais por segmento em 2023

Segmentos	Categoria	Oferta de powertrains 2023	Vendas 2023	%
Sub compacto	CP	BEV, ICEF	74,020	3%
Compacto	CP	BEV, ICEF, ICEG	198,923	9%
Médio	CP	BEV, HEVG, ICEF, ICEG, PHEVG	560,881	26%
Grande	CP	BEV, HEVF, HEVG, ICEF, ICEG, PHEVG	96,815	4%
Utilitário esportivo compacto	CP	BEV, HEVF, ICEF	499,028	23%
Extra grande	CP	BEV, HEVG, ICEF, ICEG, PHEVG	22,059	1%
Utilitário esportivo grande	CP	BEV, HEVF, HEVG, ICEF, ICEG, PHEVG	216,011	10%
Utilitário esportivo grande 4x4	CP	ICEG, PHEVG	11,341	1%
Picape compacta	CP	ICEF	209,806	10%
Fora de estrada compacto	CP	ICEG	886	0%
Fora de estrada grande	CP	ICED, ICEF, ICEG, PHEVG	31,951	1%
Esportivo	CP	ICEG, PHEVG	1,778	0%
Comercial	VCL	ICED, ICEF, ICEG	50,208	2%
Picape	VCL	BEV, ICED, ICEF	184,225	9%
Carros de passeio			1,923,499	89%
Veículos comerciais leves			234,433	11%
Total			2,157,932	100%

A Tabela A.2 lista as 70 variáveis cujos valores são selecionados aleatoriamente para construir os 5.000 cenários utilizados na análise e seus respectivos intervalos viáveis (valores mínimos e máximos). O objetivo da análise é avaliar o potencial de redução de emissões de GEE que pode ser atingido pelo programa MOVER, utilizando valores viáveis para as variáveis listadas na Tabela A.2, e não determinar qual é a redução de emissões mais provável até 2027. Portanto, os valores extraídos aleatoriamente dos intervalos apresentados na Tabela A.2 têm uma distribuição uniforme.

21 Voz, "Montadores Cumprem Metas do Rota 2030."

22 Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, *Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular 2023*.

Tabela A.2

Variáveis com valores determinados aleatoriamente nas simulações e valores mínimos e máximos possíveis

		Min	Max
Market share de powertrains em cada segmento: carros de passeio			
Sub compactos	BEV	1%	20%
Sub compactos	ICEF	—	—
Compactos	BEV	1%	20%
Compactos	ICEG	1%	15%
Compactos	ICEG	—	—
Médios	BEV	1%	20%
Médios	HEVF	1%	15%
Médios	HEVG	0%	5%
Médios	ICEG	0%	5%
Médios	PHEVF	1%	15%
Médios	PHEVG	0%	5%
Médios	ICEF	—	—
Grandes	BEV	1%	20%
Grandes	HEVF	10%	30%
Grandes	HEVG	0%	5%
Grandes	ICEG	3%	10%
Grandes	PHEVF	1%	15%
Grandes	PHEVG	0%	5%
Grandes	ICEF	—	—
Utilitários esportivos compactos	BEV	1%	10%
Utilitários esportivos compactos	HEVF	1%	15%
Utilitários esportivos compactos	ICEF	—	—
Extra grandes	BEV	1%	15%
Extra grandes	HEVF	1%	15%
Extra grandes	HEVG	1%	15%
Extra grandes	ICEG	—	—
Extra grandes	PHEVF	1%	15%
Extra grandes	PHEVG	1%	15%
Extra grandes	ICEF	10%	25%

		Min	Max
Utilitários esportivos grandes	BEV	1%	15%
Utilitários esportivos grandes	HEVF	1%	15%
Utilitários esportivos grandes	HEVG	1%	15%
Utilitários esportivos grandes	ICEG	1%	15%
Utilitários esportivos grandes	PHEVF	1%	15%
Utilitários esportivos grandes	PHEVG	1%	15%
Utilitários esportivos grandes	ICEF	—	—
Utilitários esportivos grandes 4x4	PHEVF	1%	15%
Utilitários esportivos grandes 4x4	PHEVG	—	—
Utilitários esportivos grandes 4x4	ICEG	1%	15%
Picapes compactas	ICEF	—	—
Fora de estrada compactos	ICEG	—	—
Fora de estrada grandes	PHEVF	1%	10%
Fora de estrada grandes	PHEVG	1%	10%
Fora de estrada grandes	ICEG	1%	15%
Fora de estrada grandes	ICED	—	—
Fora de estrada grandes	ICEF	1%	15%
Esportivos	PHEVG	1%	20%
Esportivos	ICEG	—	—
Market share de powertrains em cada segmento: comerciais leves			
Comerciais	BEV	1%	20%
Comerciais	ICED	—	—
Comerciais	ICEF	10%	50%
Picapes	ICED	—	—
Picapes	ICEG	1%	15%
Picapes	ICEF	1%	15%

A Equação A.1 foi utilizada para calcular as emissões médias dos veículos vendidos em 2027. A seguir listamos seus parâmetros e variáveis.

Equação A.1

Cálculo das emissões médias de veículos novos

$$\frac{gCO_{2eq}}{km} = \sum_i \phi_i \left[\begin{array}{l} \underbrace{\theta_{BEV} \left(\frac{MJ^{BEV}}{km} \times \frac{gCO_{2eq}^{elect}}{MJ} \right)}_{BEV} + \underbrace{\theta_{ICEG} \cdot \left((1 - \varepsilon \cdot \eta) \frac{MJ^{Gas}}{km} \times \frac{gCO_{2eq}^{Gas}}{MJ} \right)}_{ICEG} + \underbrace{\theta_{ICEF} \cdot \left(\alpha(1 - \varepsilon \cdot \eta) \frac{MJ^{eth}}{km} \times \frac{gCO_{2eq}^{eth}}{MJ} + (1 - \alpha)(1 - \varepsilon \cdot \eta) \frac{MJ^{Gas}}{km} \times \frac{gCO_{2eq}^{Gas}}{MJ} \right)}_{ICEF} + \\ \theta_{HEVF} \cdot \left(\alpha(1 - \varepsilon \cdot \eta) \frac{MJ^{HEV-eth}}{km} \times \frac{gCO_{2eq}^{eth}}{MJ} + (1 - \alpha)(1 - \varepsilon \cdot \eta) \frac{MJ^{HEV-Gas}}{km} \times \frac{gCO_{2eq}^{Gas}}{MJ} \right) + \theta_{HEVG} \cdot \left((1 - \varepsilon \cdot \eta) \frac{MJ^{HEV-Gas}}{km} \times \frac{gCO_{2eq}^{Gas}}{MJ} \right) + \\ \theta_{PHEVF} \cdot \left((1 - \delta) \left(\alpha(1 - \varepsilon \cdot \eta) \frac{MJ^{PHEV-eth}}{km} \times \frac{gCO_{2eq}^{eth}}{MJ} + (1 - \alpha)(1 - \varepsilon \cdot \eta) \frac{MJ^{PHEV-Gas}}{km} \times \frac{gCO_{2eq}^{Gas}}{MJ} \right) + \delta \frac{MJ^{PHEV-elect}}{km} \times \frac{gCO_{2eq}^{elect}}{MJ} \right) + \\ \theta_{PHEVG} \cdot \left((1 - \delta)(1 - \varepsilon \cdot \eta) \frac{MJ^{PHEV-Gas}}{km} \times \frac{gCO_{2eq}^{Gas}}{MJ} + \delta \frac{MJ^{PHEV-elect}}{km} \times \frac{gCO_{2eq}^{elect}}{MJ} \right) \end{array} \right] \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} HEVF e HEVG \\ PHEVF \\ PHEVG \end{array}$$

ϕ_i market share de vendas de cada segmento i (%)

θ market share de vendas dos powertrain em cada segmento (%)

x consumo de etanol nos veículos flex (%)

δ parcela de condução no modo elétrico dos PHEVs

ε redução anual do consumo energético em motores a combustão (%)

η número de anos até a meta

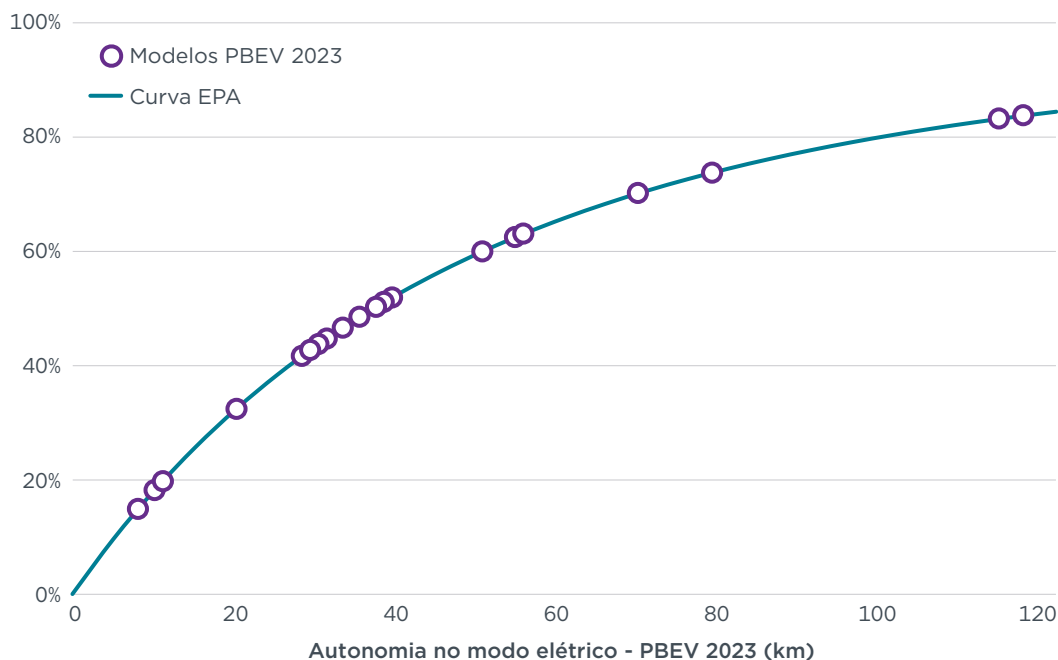
$\frac{MJ}{km}$ consumo energético dos powertrains médios, nos PHEVs apresentamos o consumo energético no modo de condução elétrica e a combustão (MJ/km)

$\frac{gCO_{2e}}{MJ}$ fator de emissão do poço à roda da eletricidade, gasolina C, etanol hidratado e diesel B (este último, não mostrado na equação) (gCO_{2e}/MJ)

A Figura A.1 mostra a curva de determinação da parcela de condução em modo elétrico dos PHEVs de acordo com U.S. EPA²³, em função de sua autonomia em modo elétrico. Os círculos indicam a parcela de condução em modo elétrico dos PHEVs presentes na análise, de acordo com o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV).

Figura A.1

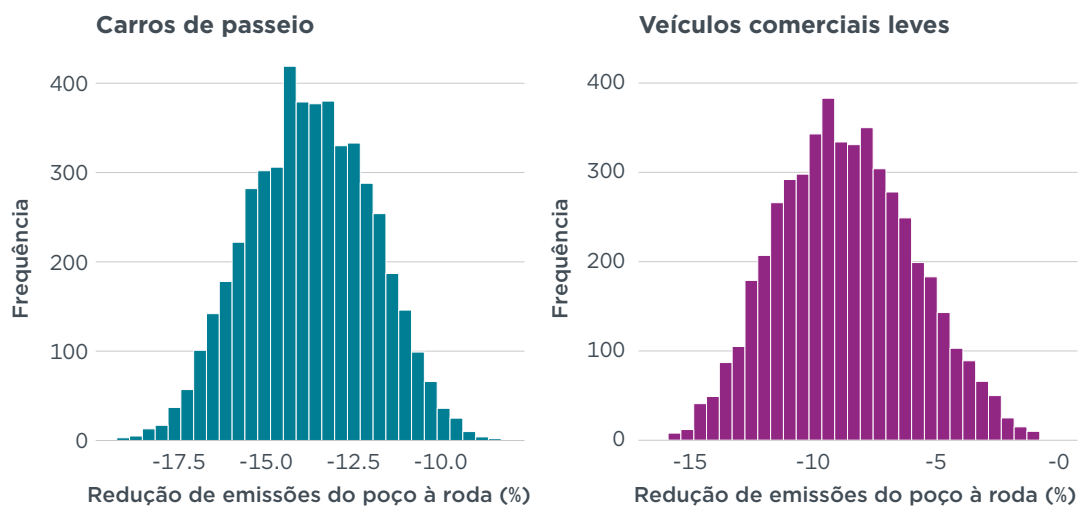
Curva de determinação da parcela de condução em modo elétrico dos PHEVs



CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO THEICTT.ORG

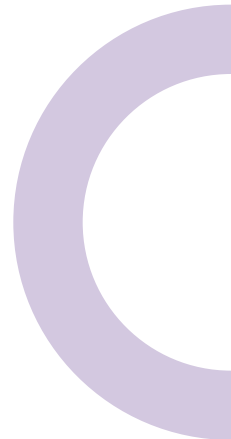
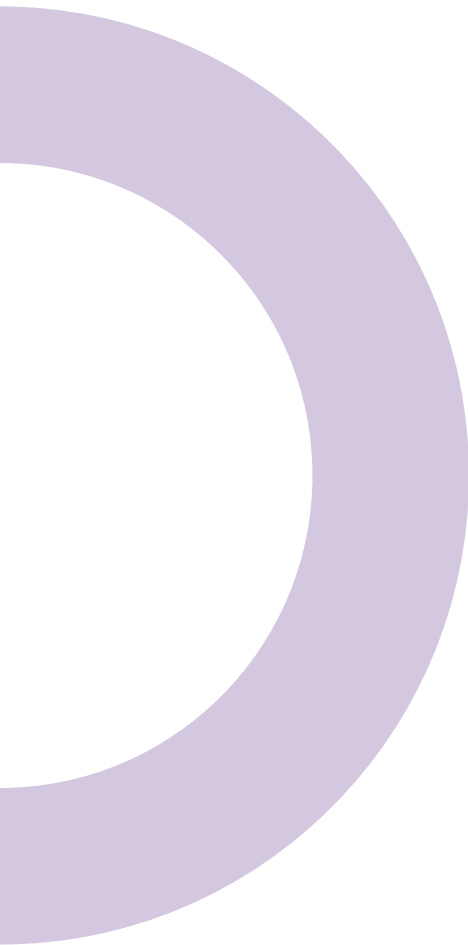
Figura A.2

Distribuição das reduções percentuais de emissões de GEE do poço à roda nas 5.000 simulações



CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO THEICTT.ORG

²³ EPA, *Final Rule*.



www.theicct.org

communications@theicct.org

[@theicct.org](https://www.instagram.com/theicct.org)

icct
CONSELHO INTERNACIONAL
DE TRANSPORTE LIMPO