

## PANORAMA DA INSERÇÃO DE AUTOVEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL VISANDO A REDUÇÃO DAS EMISSÕES DIRETAS DE GEE

Fillipe Chagas Souza<sup>1</sup> (EG), Rogério José da Silva<sup>1</sup> (PQ)

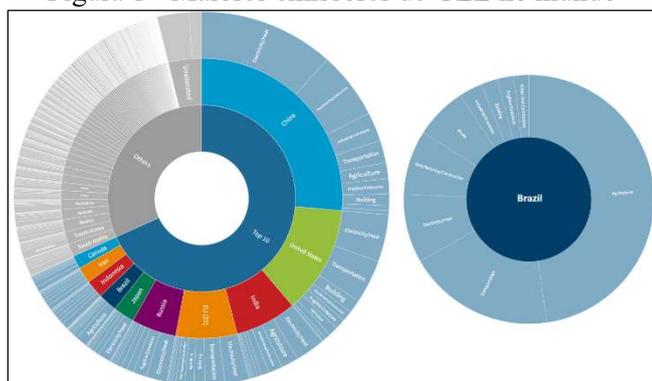
<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá

**Palavras-chave:** Automóveis. Eletrificação. Emissões.

### Introdução

O Brasil mantém até os dias atuais uma posição de relevância entre os maiores emissores de gases de efeito estufa (GEE) do mundo, quando consideradas as emissões líquidas. Dados do *World Resources Institute* (WRI) de 2021 indicam que o país se encontra em sétimo lugar, cuja responsabilidade incide sobre 3% do total mundial, equivalentes a 1,76 GtCO<sub>2</sub>eq ficando atrás da China com 25,2%, EUA 12%, Índia 7%, União Europeia 6,6%, Rússia 4,1% e da Indonésia com 4%, como mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Maiores emissores de GEE no mundo



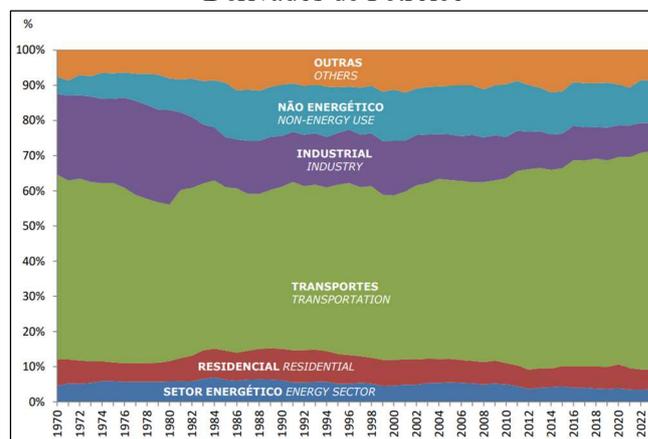
Fonte: WRI, 2022

De acordo com o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) do Brasil e com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), estão contidos no total das emissões os 217 MtCO<sub>2</sub>eq gerados pelo setor de transportes, significando 12,34% dos 3% supracitados, visto que, o setor consome comparativamente (Figura 2), a maior quantidade de derivados de petróleo, os quais são geralmente contabilizados em toneladas equivalentes de petróleo (tep), ilustrados na Figura 3, mas que podem ser convertidos considerando a aproximação onde 1 tep  $\approx$  3,1 tCO<sub>2</sub>eq. Tal constatação reforça a urgente necessidade de transição das fontes de energia da mobilidade visando uma relevante redução de poluentes.

O presente trabalho se sustenta sob as justificativas associadas à expressiva diminuição das

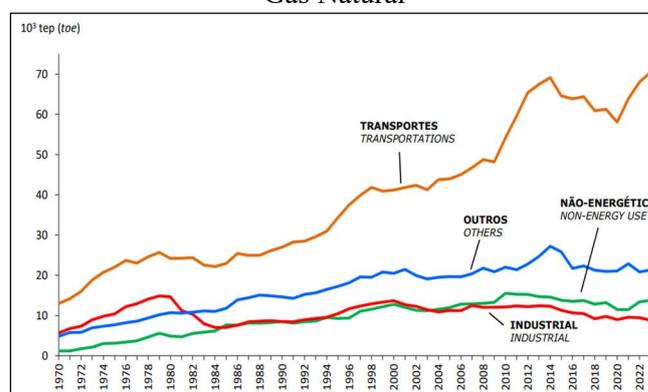
emissões diretas de CO<sub>2</sub> na atmosfera pelo setor de transportes através da inserção da eletro-mobilidade no Brasil, sendo elaborado por meio da análise qualitativa de relatórios, artigos e outras publicações oficiais de fontes nacionais e internacionais, tendo como finalidade traçar um panorama geral da conjuntura existente na atualidade e explicar suas perspectivas perante as disponibilidades.

Figura 2 - Composição Setorial do Consumo de Derivados de Petróleo



Fonte: Balanço Energético Nacional (EPE), 2023

Figura 3 - Consumo Total de Derivados de Petróleo e de Gás Natural



Fonte: Balanço Energético Nacional (EPE), 2023

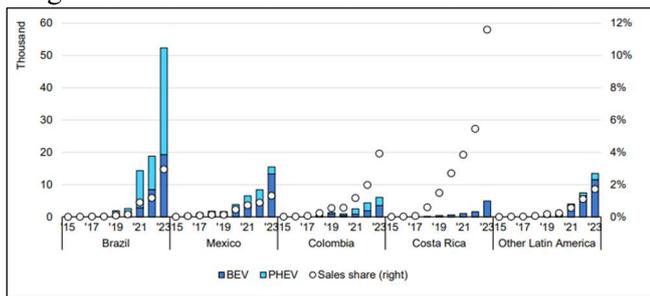
**Metodologia**

Inicialmente, buscou-se compreender as condições e o estado das emissões de gases de efeito estufa tanto pelo setor de transportes quanto pelo setor energético, antecipando a ideia de que a eletrificação descarbonizada precisa ter suas fontes elétricas provenientes de baixas liberações de GEE. E em momento posterior o objetivo foi compreender as relações políticas e econômicas que abarcavam os EVs no contexto brasileiro.

**Resultados e discussão**

Em escala global, os dados de vendas de veículos elétricos, mais especificadamente dos carros segundo o *Global EV Outlook 2024* publicado pela *International Energy Agency* (IEA), tem progredido fortemente a fim de se tornar dentro de alguns anos um mercado de massa e atingir um número cada vez maior de países, mesmo com a existência de preocupações a respeito do ritmo de crescimento, das margens de lucro apertadas, dos preços voláteis de metais das baterias, da alta inflação e da eliminação gradual de incentivos de compra em algumas nações. Levando em conta economias emergentes e subdesenvolvidas como a do Brasil, pode-se observar nas declarações da IEA uma participação ainda percentualmente baixa nessas transações, com uma média próxima dos 3%, Figura 4, porém muito significativa tanto para a consolidação da ideia de eletrificação quanto para o sustento do mercado de modelos mais baratos, os quais são em sua maioria de marcas chinesas.

Figura 4 – Venda de carros elétricos de 2015 a 2023



Fonte: Global EV Outlook (IEA), 2024

No Brasil, de acordo com a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea), a aquisição de eletrificados se intensificou nos últimos quatro anos, passando de 19.745 automóveis e comerciais leves elétricos licenciados em 2020 para 93.911 em 2023, com valores aproximados. Essa alta inserção junto às vendas do primeiro semestre de 2024, registradas pela Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE),

conforme mostrado na Tabela 1, causaram um aumento de 680% da quantidade total de veículos contabilizados até 2020 para 2024.

Tabela 1 – VEs vendidos entre 2012 e 2024

SÉRIE HISTÓRICA DE VENDAS DE VEÍCULOS LEVES ELETRIFICADOS NO BRASIL (BEV+PHEV+HEV+HEV FLEX+MHEV) - 2012 a agosto/24													ABVE
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
2012	9	16	7	3	13	23	5	3	2	2	18	16	117
2013	45	22	53	50	12	29	65	45	23	39	52	56	491
2014	93	61	65	53	94	52	61	79	71	53	87	86	855
2015	72	56	61	73	72	74	74	100	82	55	65	62	846
2016	58	64	60	137	41	91	48	59	79	93	159	202	1.091
2017	178	157	227	176	208	238	268	627	384	243	240	350	3.296
2018	272	254	367	367	302	382	262	262	286	405	374	437	3.970
2019	370	287	336	290	357	716	960	867	1.264	1.989	2.013	2.409	11.858
2020	1.568	2.053	1.570	442	601	1.334	1.668	1.943	2.113	2.273	2.231	1.949	19.745
2021	1.321	1.389	1.872	2.708	3.102	3.507	3.625	3.873	2.756	2.787	3.505	4.545	34.990
2022	2.558	3.435	3.851	3.123	3.387	4.073	3.136	4.249	6.391	4.460	4.995	5.587	49.245
2023	4.503	4.294	5.989	4.793	6.435	6.225	7.462	9.351	8.458	9.537	10.601	16.279	93.927
2024	12.026	10.451	13.613	15.206	13.612	14.396	15.312	14.667					109.283
TOTAL GERAL (2012 a 2024)													329.714

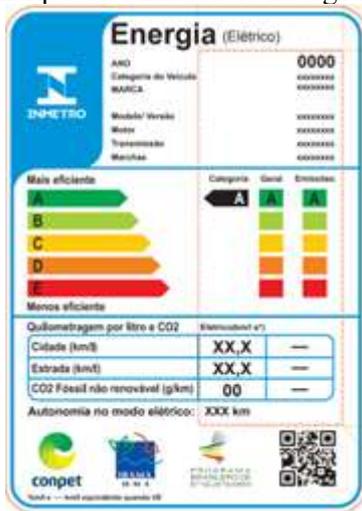
Fonte: ABVE, 2024

Tal fator de crescimento, de acordo com a ABVE, pode reforçar a disseminação de incentivos governamentais, como o programa Mobilidade Verde e Inovação (Mover) aprovado em 2023 como substituto do Rota2030, visando fomentar a indústria automotiva do país sob as condições de elevar as taxas de eficiência energética dos veículos a combustão (ICEVs) e inovar de forma sustentável a produção dos elétricos, além de aumentar a segurança dos condutores de ambos. O Mover, segundo suas diretrizes, altera também a forma de análise das emissões de CO<sub>2</sub> dos veículos, a qual antes era do “tanque à roda”, ou seja, eram aferidas apenas as parcelas emitidas diretamente pelo sistema escape, e agora será do “poço à roda”, significando que todo o ciclo de vida será considerado. Esta é uma forma de integrar os EVs no patamar de comparação com os demais já estabelecidos, mas causa necessidade de adição de documentos de referência como a NBR 17142 de 11/2023, que trata sobre o consumo médio de veículos, e consequentemente implica em um remanejamento do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV) como ilustrado na Figura 5.

Acerca das observações do ciclo de vida, o tempo de vida útil de um veículo no Brasil é estipulado em 21 anos, seguindo a curva de sucateamento mais recente elaborada pelo MCTI em 2020. Com base nessa informação, uma comparação entre as emissões foi elaborada em 2023 pelo *International Council on Clean Transportation* (icct), tomando como alvo os veículos de passeio existentes em solo brasileiro e tendo como resultando que as emissões de GEE no ciclo de vida de BEVs são bem inferiores às de qualquer outra motorização e combustível considerados, devido à alta eficiência energética do veículo elétrico e à matriz

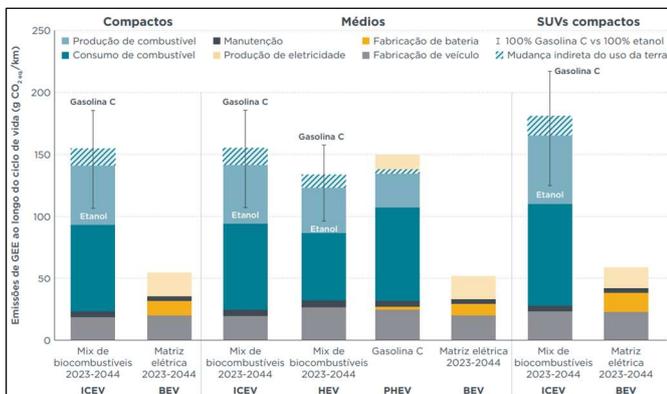
elétrica de baixo carbono do Brasil, Figura 6. Para os veículos comercializados em 2023, os BEVs têm emissões 65% a 67% mais baixas que as dos ICEVs flex utilizando o consumo médio de gasolina C e etanol. As barras de erro indicam os casos de operação exclusiva com gasolina C, valor mais alto, ou etanol hidratado, valor mais baixo. Em contraste, HEVs e PHEVs exibem um benefício muito limitado em termos de emissões de GEE em comparação com os ICEVs. Os HEVs têm emissões 14% mais baixas que as dos ICEVs flex quando consomem a mesma proporção de gasolina C e etanol. Os PHEVs atuais, que usam exclusivamente gasolina C, geram emissões apenas 3% menores que as dos ICEVs flex que usam a média de mercado de gasolina C e etanol.

Figura 5 – Etiqueta de Eficiência Energética Veicular



Fonte: PBEV, 2024

Figura 6 - Emissões de ciclo de vida de GEE de ICEVs flex e EVs

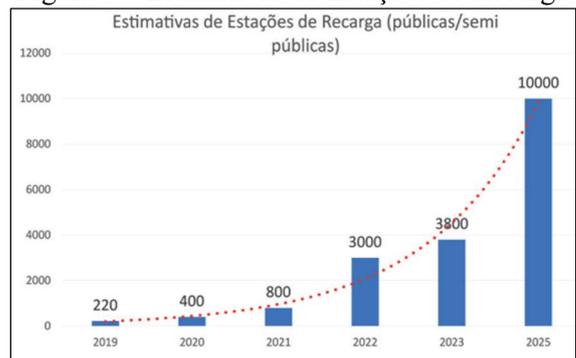


Fonte: icct, 2023

Em consonância com o 3º Anuário Brasileiro de Mobilidade Elétrica elaborado pela Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica (PNME), o aumento do número

de carros elétricos e a derivada ampliação da infraestrutura de carregadores trazem implicações importantes para o sistema elétrico brasileiro. Inicialmente, a demanda por eletricidade tende a crescer consideravelmente, especialmente nos horários de pico, quando os veículos são frequentemente recarregados, como no final da tarde e à noite. Essa elevação da demanda, ainda em concordância com o anuário, pode exigir uma adaptação da capacidade de geração e distribuição de energia, além de investimentos significativos em infraestrutura elétrica, tanto em nível de geração quanto na rede de distribuição para evitar sobrecargas. Outro ponto importante apresentado no documento é a necessidade de expansão e modernização da infraestrutura de recarga, distribuindo estações de carregamento em locais estratégicos, como corredores rodoviários, centros urbanos, pontos de logística e em postos de combustíveis já existentes. A ampliação dessas estações, Figura 7, precisa ser acompanhada de incentivos que favoreçam a instalação, garantindo uma rede de suporte robusta e confiável. Estações de recarga semirrápidas em corrente alternada (CA), sendo classificadas por faixa de potência, são especificadas entre 11kW e 22 kW. As estações lentas e normais, também em CA, têm potência de 3,7kW e 7,4kW, respectivamente. Já as estações rápidas são comumente classificadas entre a potência de 50kW e 100kW, em corrente contínua (CC).

Figura 7 – Estimativas de Estações de Recarga



Fonte: PNME, 2024

Adicionalmente, a integração dos veículos elétricos ao sistema energético abre novas possibilidades, como o uso de baterias dos carros para armazenamento de energia e suporte à rede durante picos de demanda, tecnologia conhecida como *Vehicle to Grid* (V2G). Assim, os veículos elétricos podem também atuar como elementos ativos na gestão de energia, colaborando para a estabilidade da rede elétrica.

Tratando ainda da matriz elétrica e de acordo com o PNME, para produzir 1 MWh, o setor elétrico brasileiro emite cerca de 31% do valor emitido pelos

países europeus da OCDE, 22% do que é emitido pelo setor elétrico americano e 12% do que é emitido pelo setor elétrico chinês. Ao longo dos últimos 20 anos, segundo a EPE, a participação das fontes renováveis na matriz elétrica se manteve acima de 70%, patamar considerado elevado em relação aos valores mundiais.

## Conclusões

A mobilidade elétrica no Brasil está em um momento de crescimento e expansão, sendo marcada tanto por desafios quanto por oportunidades significativas. A eletrificação dos transportes se mostra como um elemento fundamental na transição para um sistema de mobilidade mais sustentável e alinhado com metas globais de descarbonização. Contudo, esse movimento demanda esforços integrados, envolvendo políticas públicas, incentivos fiscais, e a cooperação entre montadoras e governos para superar as limitações tecnológicas, de infraestrutura e os desafios econômicos.

A integração da infraestrutura de recarga, a ampliação do mercado de veículos elétricos, e o desenvolvimento de uma cadeia produtiva nacional, especialmente no que tange à fabricação de baterias, são fundamentais para garantir que o Brasil se torne um player relevante na eletro-mobilidade. O papel do setor público, em termos de regulação e fomento, junto com iniciativas privadas de inovação e investimentos estratégicos, será decisivo para consolidar essa transição de maneira sustentável e inclusiva.

Contudo, esses benefícios só serão alcançados se houver uma coordenação eficiente entre o crescimento da frota de carros elétricos e a capacidade do sistema elétrico de absorver essa nova carga. Isso envolve não só investimentos em geração, preferencialmente em fontes renováveis, mas também a implementação de tecnologias de gerenciamento de demanda, como tarifas diferenciadas para incentivar a recarga em horários de menor demanda.

## Agradecimentos

O autor agradece à Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI, pelo amparo acadêmico e ao Programa de Educação Tutorial - PET - SESu/MEC pela bolsa paga pelo FNDE.

## Referências

ABVE. **Em agosto, veículos plug-in completam um ano na liderança das vendas de eletrificados.** Associação Brasileira de Veículos Elétricos - ABVE Data, 2024.

ANFAVEA. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira.** Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, 2024.

DOU. **Programa de Mobilidade Verde.** Diário da União - República Federativa do Brasil, 2023.

EPE. **Balço Energético Nacional.** Empresa de Pesquisa Energética, 2024.

ICCT. **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.

IEA. **Global EV Outlook 2024.** International Energy Institute - Paris, 2024.

PNME. **3º Anuário Brasileiro da Mobilidade Elétrica.** Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica, 2023.

SEEG. **Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil / 1970-2021.** Observatório do Clima, 2023.

WRI. **A trajetória dos 10 maiores emissores de carbono desde o Acordo de Paris em gráficos interativos.** World Resources Institute – Brasil, 2023.