



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DO CABO DE SANTO AGOSTINHO
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

BRENO FILIPE ANDRADE LIMA DE SIQUEIRA

Impactos, oportunidades e perspectivas para a implementação da eletrificação dos meios de
transporte no Brasil

Cabo de Santo Agostinho - PE

2024

BRENO FILIPE ANDRADE LIMA DE SIQUEIRA

Impactos, oportunidades e perspectivas para a implementação da eletrificação dos meios de transporte no Brasil

Trabalho apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Prof. Dr. Fernando Gonçalves de Almeida Neto,
Orientador.

Cabo de Santo Agostinho - PE

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S618i Siqueira, Breno Filipe Andrade Lima de
Impactos, oportunidades e perspectivas para a implementação da eletrificação dos meios de transporte no Brasil /
Breno Filipe Andrade Lima de Siqueira. - 2024.
65 f.
- Orientador: Fernando Goncalves de Almeida Neto.
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em
Engenharia Elétrica, Cabo de Santo Agostinho, 2024.
1. Mobilidade elétrica. 2. Veículos elétricos. 3. Políticas públicas. I. Neto, Fernando Goncalves de Almeida, orient.
II. Título

CDD 621.3

BRENO FILIPE ANDRADE LIMA DE SIQUEIRA

Impactos, oportunidades e perspectivas para a implementação da eletrificação dos meios de transporte no Brasil

Trabalho apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho da Universidade Rural de Pernambuco para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Data de aprovação: 07/03/2024.

Banca examinadora

Prof. Dr. Fernando Gonçalves de Almeida Neto, UACSA, UFRPE
Orientador

Prof. Dr. Marcel Ayres de Araújo, UACSA, UFRPE
Examinador

Profa. Dra. Ana Vitoria de Almeida Macedo, UACSA, UFRPE
Examinadora

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos avós José Siqueira (In memoriam), Hosana Siqueira (In memoriam), Carlos Andrade Lima (In memoriam) e Carmen Cruz, que sempre acreditaram em mim e me incentivaram a alcançar meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

A engenharia sempre foi meu grande sonho, e cursar Engenharia Elétrica foi mais uma bênção que Deus realizou em minha vida. Primeiramente, sou profundamente grato a Deus, que supriu todas as minhas necessidades e renovou minhas forças a cada dia. Tudo o que alcancei foi pela Sua graça, misericórdia e vontade para comigo. Se hoje estou aqui, é porque Ele permitiu, e sei que ainda há muitos planos Dele para mim.

Expresso minha imensa gratidão aos meus pais, Flávia e Mário Siqueira, pelo amor incondicional, apoio constante e presença ao meu lado durante toda essa jornada. Sua dedicação em me ajudar no curso e cuidar de mim em todos os momentos foram fundamentais para minha formação. Sou quem sou hoje graças à educação exemplar que me proporcionaram. Agradeço também aos meus irmãos, Brenda e Bernardo Siqueira, por me acompanharem e ajudarem nessa trajetória. É uma grande honra dividir essa conquista com vocês.

À minha namorada, Tams Freitas, dedico meu sincero agradecimento pelo amor, carinho, paciência e conselhos constantes. Obrigado por sempre me impulsionar e acreditar em minha capacidade.

Ao Prof. Dr. Fernando Neto, (orientador), embora não tenha tido a oportunidade de tê-lo como professor, tive o privilégio de conhecê-lo através do projeto EVolt Racing. Sua dedicação, conhecimento e profissionalismo são admiráveis, e sou grato pela ajuda, paciência e correções durante o período de orientação. Seus conselhos e apoio foram essenciais para o progresso e conclusão deste trabalho. Também gostaria de expressar minha gratidão ao Prof. Dr. Marcel Ayres, por despertar meu interesse pelo tema deste trabalho. Sua busca pela excelência tem sido uma referência em tudo o que faço.

Aos amigos que conquistei durante o curso, agradeço a parceria, alegrias compartilhadas, desafios superados juntos e apoio em todos os momentos em que precisei.

A todos os professores do curso, expresso minha profunda gratidão pelo ensinamento e dedicação na formação de cada aluno.

Por fim, minha gratidão se estende a toda minha família e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste sonho tão almejado. Em suma, sou grato por tudo.

"Uma mente que se abre a uma nova ideia jamais volta
ao seu tamanho original."

(Albert Einstein)

RESUMO

Os avanços tecnológicos associados à mobilidade, a crescente preocupação em relação à escassez de recursos energéticos, os estudos e perspectivas sobre mudanças climáticas globais e as discussões relacionadas à preservação do meio ambiente, têm trazido à tona a necessidade de modernização dos meios de transporte que corroborem com ações menos agressivas ao meio ambiente, abrindo espaço para tecnologias da eletromobilidade. Nesta conjuntura, este trabalho aborda a importância da mobilidade elétrica como resposta aos desafios das mudanças climáticas e da necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Bem como, discute os impactos, oportunidades e perspectivas para a implementação da eletrificação dos meios de transporte no Brasil, sob a ótica dos impactos de políticas públicas norteadoras para sua implementação, incluindo incentivos fiscais, subsídios, regulamentações e normas. Para tanto, metodologicamente o trabalho baseou-se em uma abordagem de pesquisa qualitativa, realizada através da consulta a estudos acadêmicos, relatórios técnicos, dados estatísticos, políticas públicas e documentos governamentais relacionados à eletrificação dos meios de transporte. Os resultados obtidos revelam que o Brasil encontra-se em um ritmo mais lento para a regulamentação da mobilidade elétrica em relação a países como China, Estados Unidos e países da União Europeia, mas que segue como um nicho com grande potencial para a expansão e para a consolidação de tecnologias associadas à eletromobilidade. A partir do estudo realizado, este trabalho destaca implicações práticas e possíveis direções futuras para a adoção e promoção da mobilidade elétrica, considerando as experiências de países que estão mais avançados na adoção da mobilidade elétrica como uma alternativa aos veículos à combustão.

Palavras-chave: mobilidade elétrica; veículos elétricos; políticas públicas.

ABSTRACT

Technological advancements associated with mobility, growing concerns regarding energy resource scarcity, studies and perspectives on global climate change, and discussions related to environmental preservation have underscored the need for modernizing transportation methods that align with less environmentally aggressive actions, paving the way for electromobility technologies. In this context, this paper addresses the importance of electric mobility as a response to the challenges of climate change and the need to reduce greenhouse gas emissions. Additionally, it discusses the impacts, opportunities, and prospects for implementing the electrification of transportation in Brazil, from the perspective of the impacts of guiding public policies for its implementation, including tax incentives, subsidies, regulations, and standards. Methodologically, the study was based on a qualitative research approach, conducted through consulting academic studies, technical reports, statistical data, public policies, and governmental documents related to the electrification of transportation. The results reveal that Brazil is moving at a slower pace in regulating electric mobility compared to countries such as China, the United States, and countries in the European Union, but it remains a niche with great potential for expansion and consolidation of electromobility-associated technologies. Based on the study conducted, this paper highlights practical implications and possible future directions for the adoption and promotion of electric mobility, considering the experiences of countries that are more advanced in adopting electric mobility as an alternative to combustion vehicles.

Keywords: electric mobility; electric vehicles; public policies.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- ✓ GEE – Gases de Efeito Estufa
- ✓ ONU – Organização das Nações Unidas
- ✓ VE – Veículo Elétrico
- ✓ ABVE – Associação Brasileira de Veículos Elétricos
- ✓ PNE – Plano Nacional de Energia
- ✓ EPE – Empresa de Pesquisa Energética
- ✓ CO₂ – Dióxido de Carbono
- ✓ COP24 – 24^a Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas
- ✓ IEA – *International Energy Agency (Agência Internacional de Energia)*
- ✓ BEV – *Battery Electric Vehicle (Veículo Elétrico a Bateria)*
- ✓ HEV – *Hybrid Electric Vehicle (Veículo Elétrico Híbrido)*
- ✓ PHEV – *Plug-in Hybrid Electric Vehicle (Veículo Elétrico Híbrido Plug-in)*
- ✓ CC – Corrente Contínua
- ✓ CA – Corrente Alternada
- ✓ ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ✓ SAE – *Society of Automotive Engineers (Sociedade de Engenheiros Automotivos)*
- ✓ IEC – *International Electrotechnical Commission (Comissão Eletrotécnica Internacional)*
- ✓ CCS – *Combined Charging System (Sistema de carregamento combinado)*
- ✓ P&D – Pesquisa e Desenvolvimento
- ✓ OLEV – *Office for Low Emission Vehicles (Escritório para Veículos de Baixa Emissão)*
- ✓ ZEV – *Zero Emission Vehicle (Veículo Emissão Zero)*
- ✓ UE – União Europeia
- ✓ NPE – *National Platform for Electricmobility (Plataforma Nacional de Eletricidade)*
- ✓ VNE – Veículos de Nova Energia
- ✓ CARB – *California Air Resources Board (Conselho de Recursos Aéreos da Califórnia)*
- ✓ PROCONVE – Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
- ✓ IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
- ✓ INOVAR AUTO – Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores

- ✓ MP – Medida Provisória
- ✓ MOVER – Programa Mobilidade Verde e Inovação
- ✓ IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados
- ✓ CAMEX – Resolução da Câmara de Comércio Exterior
- ✓ MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição de Emissões de GEE do Setor de Transporte (2015).	18
Figura 2: Vendas anuais de elétricos na América Latina (mil).	20
Figura 3: Conector SAE J1772.	24
Figura 4: Conector Padrão IEC 62196	25
Figura 5: Conector CHAdeMo	26
Figura 6: Evolução vendas VEs no Brasil	42
Figura 7: Evolução VEs no Reino Unido (2010 – 2015)	48
Figura 8: Evolução do número de Eletropostos instalados no Brasil desde dez. de 2020	52
Figura 9: Distribuição de Políticas Públicas	53
Figura 10: Proporção Programas/Incentivos Internacionais	54
Figura 11: Proporção Normas Internacionais	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Resumo sobre os níveis de carregamento considerados para tecnologias de eletromobilidade	23
Quadro 2: Resumo Ações de Incentivos a Eletromobilidade - Internacional	38
Quadro 3: Resumo Ações de Incentivos a Eletromobilidade - Brasil	46
Quadro 4: Propostas para impulso da Eletromobilidade - Brasil	55

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Contextualização	14
1.2 Organização do TCC	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Contexto Atual da Eletrificação dos Veículos	17
2.2 Panorama Geral: Tecnologias Associadas à VEs	20
2.2.1 Tipos de Veículos Elétricos	20
2.2.2 Tecnologias de Carregamento.....	22
2.3 Políticas Públicas	26
2.3.1 Continente Europeu.....	27
2.3.2 Estados Unidos.....	32
2.3.3 China.....	34
2.3.4 Síntese.....	37
3 ANÁLISES E DISCUSSÕES	41
3.1 Panorama Brasileiro	41
3.2 Principais Políticas Públicas Brasileiras	42
3.3 Análise Comparativa	45
3.4 Desafios	52
4 CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Desde 1972, a Organização das Nações Unidas (ONU), através da Conferência sobre o Meio Ambiente Humano, tem desempenhado um papel crucial na conscientização sobre os efeitos das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e na promoção de esforços globais para mitigar essas emissões. Dentre tantas conferências realizadas pela ONU, a mais reconhecida é a Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima de 2015, também conhecida como COP21. Esta conferência foi realizada em Paris, França, de 30 de novembro a 12 de dezembro de 2015, e marcou um momento histórico na luta contra as mudanças climáticas. O resultado mais significativo da COP21 foi a adoção do Acordo de Paris, um acordo histórico que estabeleceu um roteiro abrangente para combater as mudanças climáticas e para promover ações de adaptação e mitigação em escala global.

O transporte desempenha um papel crucial na sociedade moderna e é de suma importância para o desenvolvimento econômico, para a acessibilidade e para a mobilidade. O setor de transportes responde por cerca de 14% das emissões globais de gases de efeito estufa (DIAS, 2021). Esse número representa significativa oportunidade para a mitigação de impactos climáticos por meio da adoção da mobilidade elétrica como uma alternativa aos veículos à combustão. Essa abordagem requer uma avaliação dos aspectos ambientais, tecnológicos e de políticas públicas relacionadas ao desenvolvimento dos veículos elétricos (VEs) e uma compreensão do papel que desempenham nas transformações em curso nos setores de transporte urbano e de energia. No Brasil, com sua matriz energética majoritariamente composta por fontes limpas, os VEs têm um enorme potencial para reduzir as emissões de CO₂ (Lima, 2018).

O cenário de incentivos à adoção de VEs no Brasil pode ser considerado menos arrojado em comparação com alguns outros países que adotaram medidas mais abrangentes e substanciais para promover a eletrificação dos transportes e que, por esse motivo, encontram-se mais adiantados nessa mudança de paradigma de mobilidade. Em termos gerais, vários países têm adotado políticas e práticas voltadas para promover a mobilidade elétrica. Por exemplo, a Noruega se destaca por sua governança exemplar nesse sentido, demonstrada pela alta

proporção de vendas de veículos elétricos no país (Dias, 2021). Da mesma forma, a China é reconhecida por suas políticas agressivas de apoio aos veículos elétricos, incluindo subsídios substanciais e investimento significativo em pesquisa e desenvolvimento. Essas estratégias têm contribuído para a liderança da China na produção, venda e consumo de veículos elétricos em escala global. Inicialmente, o foco estava em reduzir as emissões veiculares e mitigar seus impactos negativos, levando à implementação de programas de subsídios e incentivos para a aquisição de veículos elétricos. Esses esforços têm sido fundamentais para impulsionar a adoção e a disseminação da mobilidade elétrica em diferentes partes do mundo (Bispo; Cechin, 2023).

Dessa forma, a motivação deste trabalho reside na urgência de se enfrentar as mudanças climáticas e reduzir as emissões de GEE relacionadas ao setor de transporte. Reconhece-se que a mobilidade elétrica é uma solução promissora para esses desafios, mas o Brasil enfrenta obstáculos significativos, como a falta de políticas públicas e infraestrutura adequada. Portanto, com base em pesquisas detalhadas, o presente documento objetiva apresentar os impactos, as oportunidades e as perspectivas da eletrificação dos meios de transporte para a sociedade brasileira, sob a ótica de suas políticas públicas e dos aspectos tecnológicos e sociais associados a essa mudança de paradigma. Propõe-se apresentar e discutir a importância das políticas públicas para a eletromobilidade, contextualizando-as em um cenário global de preocupação com as mudanças climáticas e a busca por alternativas sustentáveis de transporte, visto que as políticas públicas desempenham um papel crucial na promoção da adoção em larga escala de veículos elétricos e na expansão da infraestrutura de recarga, visando reduzir as emissões de gases de efeito estufa e impulsionar o desenvolvimento tecnológico e econômico.

1.2 Organização do TCC

Este trabalho de conclusão de curso foi estruturado em quatro capítulos principais para atingir seus objetivos. O primeiro é a introdução, que apresenta uma contextualização breve dos propósitos do estudo, ressaltando a relevância do tema e os objetivos da pesquisa. Com isso, busca-se fornecer uma visão geral do trabalho e delinear os principais pontos que serão abordados nos tópicos seguintes. O segundo capítulo concentra-se no referencial teórico que embasa este estudo. Esse capítulo tem o propósito de oferecer uma visão abrangente e embasada dos desafios enfrentados pela Eletromobilidade. Além disso, são discutidos e examinados estudos que contemplam estratégias adotadas em diferentes nações. Essa seção será em torno de duas perspectivas-chave: Impactos Tecnológicos e Políticas Públicas. O

objetivo é compreender como a eletrificação dos meios de transporte se manifesta em diversas realidades, permitindo uma comparação entre o estágio atual do Brasil com outros países. Essa análise abrangente e contextualizada proporciona uma visão mais ampla do tema. Sendo assim, do uso dos VEs, espera-se contribuir para o entendimento dos fatores que influenciam a adoção e a expansão dos veículos elétricos e, assim, fornecer aspectos valiosos para a identificação de estratégias e de políticas que impulsionem o desenvolvimento sustentável da mobilidade elétrica. No terceiro capítulo, apresentam-se as constatações obtidas a partir das análises realizadas anteriormente e são discutidas as principais constatações e suas implicações para o tema em estudo. O objetivo central é discutir e apresentar abordagens utilizadas no Brasil e em outros países que possam auxiliar no estímulo e no fortalecimento do mercado de veículos elétricos, com base nas informações meticulosamente coletadas e analisadas, provenientes de países líderes nesse domínio, incluindo a China, os Estados Unidos e várias nações europeias, juntamente com a contextualização do Brasil. Essa abordagem visa aproveitar as melhores práticas e tendências observadas nessas regiões, a fim de traçar um caminho de crescimento sustentável e eficaz para a adoção de VEs no cenário brasileiro. São fornecidas recomendações para a promoção sustentável da eletromobilidade no Brasil, com foco no âmbito das políticas governamentais. Na etapa final, no quarto capítulo, são expostas as conclusões oriundas dos estudos realizados, a partir de uma visão crítica sobre seus impactos para a sociedade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Contexto Atual da Eletrificação dos Veículos

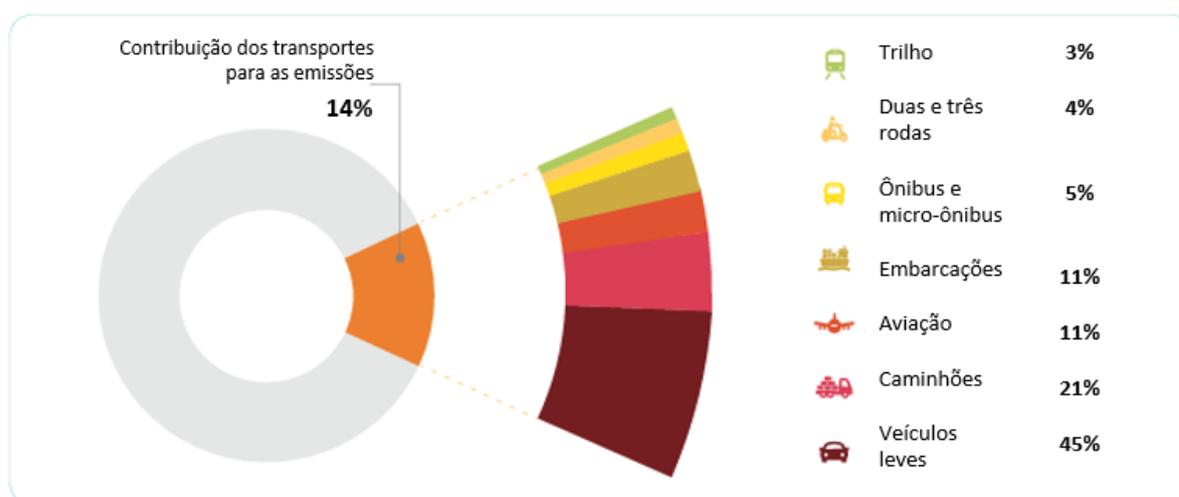
A corrida em direção à eletromobilidade ganhou um impulso significativo a partir do ano de 2015, em virtude do Acordo de Paris, uma vez que seu artigo 2°C estabelece o compromisso de se manter o aumento da temperatura média global bem abaixo dos 2° C acima dos níveis pré-industriais e de se buscar esforços para limitar o aumento da média da temperatura global em 1,5° C acima dos níveis pré-industriais, reconhecendo que isso reduziria significativamente os riscos e os impactos das mudanças climáticas (FRANÇA, 2015). O Acordo de Paris não apenas definiu metas, mas também estimulou a conscientização pública sobre a importância da adoção de políticas públicas que favoreçam soluções que auxiliem na redução de impactos ambientais, entre elas abordagens que estimulem a transição para uma mobilidade mais limpa e sustentável.

Segundo o estudo sobre Eletromobilidade e Biocombustíveis, documento de apoio ao Plano Nacional de Energia (PNE) 2050 desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), existe um intenso debate em escala global acerca das profundas transformações que a indústria automobilística enfrentará nas próximas décadas (EPE, 2018). Essas transformações envolvem a transição da plataforma tecnológica de propulsão baseada em motores de combustão interna para opções híbridas e/ou elétricas. De acordo com os registros da 24ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, realizada em Katowice, Polônia, o setor de transporte figura como a terceira principal origem das emissões de dióxido de carbono em nível global. Isso equivale a uma contribuição de cerca de 14% para o total de emissões de gases de efeito estufa (COP24, 2018). Essa notícia aponta para o grande potencial de utilização da mobilidade elétrica como uma alternativa para se auxiliar no atendimento das metas estabelecidas no Acordo de Paris, como um motivador para a realização de inovações tecnológicas e para a criação de oportunidades econômicas para aqueles que estiverem na vanguarda do desenvolvimento e da implementação dessas inovações.

Conforme ilustrado na Figura 1, extraída do relatório da COP24 (2018), a análise dos diversos modos de transporte que desempenham um papel substancial nas emissões de dióxido de carbono revela que, no ano de 2015, os veículos leves, especialmente os carros de passeio, assumiam a liderança, representando uma significativa parcela de 45% do volume total de

dióxido de carbono liberado pelo setor de transportes. Logo em seguida, os caminhões emergem como uma fonte de emissões considerável, sendo responsáveis por cerca de 21% das emissões de CO₂. Ao direcionar o foco para o setor da aviação e do transporte marítimo, observa-se que ambos contribuem com uma proporção equivalente a 11% das emissões cada um. Os ônibus, por sua vez, desempenham um papel que corresponde a uma parcela de 5% nas emissões totais de CO₂, enquanto triciclos e motocicletas constituem 4% do montante global de emissões. Por outro lado, os trens apresentaram uma contribuição comparativamente menor, respondendo por 3% das emissões totais de CO₂ originárias do setor de transporte. Estas constatações reforçam a importância de se adotar abordagens diversificadas para mitigar as emissões de CO₂ no setor, abrangendo desde a promoção de veículos elétricos até a melhoria da eficiência dos combustíveis, e destacam a relevância de se enfrentar os desafios das emissões provenientes de cada modo de transporte individualmente.

Figura 1: Distribuição de Emissões de GEE do Setor de Transporte (2015)



Fonte: COP24, 2018.

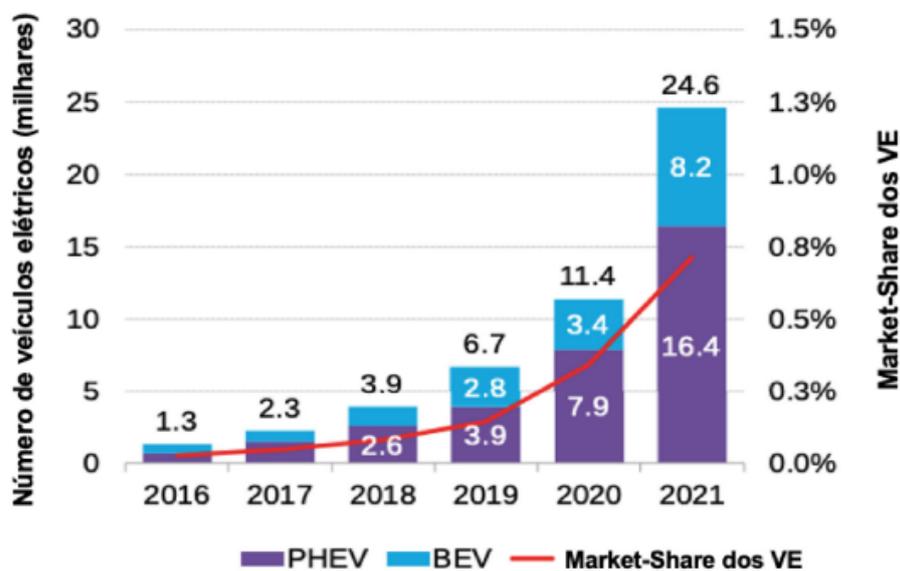
Conforme reportado pela Agência Internacional de Energia (IEA), o ano de 2022 testemunhou um notável incremento na adoção de veículos elétricos, com uma significativa parcela de 14% dentre todas as vendas de veículos automotores recém-adquiridos correspondendo a modelos elétricos (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2023). Neste contexto, a China tem se sobressaído ao impulsionar ativamente a adoção da eletromobilidade, promovendo a utilização de veículos elétricos como uma alternativa para a redução tanto da poluição atmosférica quanto das emissões de gases de efeito estufa. Com mais da metade do

contingente global de veículos elétricos em circulação localizada em território chinês, o país não somente atingiu, mas também ultrapassou, as metas estabelecidas para vendas de novos veículos elétricos até o ano de 2025.

O primeiro trimestre de 2023 continuou animador, não somente para a China, que registrou um aumento de 20% nas vendas de VE's em relação a 2022, mas também para os Estados Unidos, registrando um crescimento de 60% nas vendas no primeiro trimestre de 2023, em relação a 2022 (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2023). Nessa conjuntura, a China, a Europa e os Estados Unidos emergem como líderes proeminentes das vendas de veículos elétricos e, enquanto isso, países na América Latina estão iniciando a implementação de uma série de medidas para impulsionar a adoção de veículos elétricos (Consoni et al, 2022).

Conforme evidenciado no relatório anual da PNME (2022) – vide figura 2– embora as taxas de crescimento nas vendas de veículos elétricos leves na América Latina se assemelhem às observadas em países desenvolvidos, a adoção dessa tecnologia permanece abaixo de 1% na região, o que contrasta com as taxas superiores a 5% nos Estados Unidos e acima de 15% na Europa e na China em 2021. No Brasil, não existem metas estabelecidas para a eletrificação veicular no momento. O governo tem como intuito fomentar o desenvolvimento da eficiência e a adoção de combustíveis sustentáveis de baixa emissão de carbono, bem como tecnologias automotivas nacionais, por meio de iniciativas como o projeto Rota 2030 e o Programa Combustível do Futuro (BRANDT, 2021). Essas ações visam a uma abrangente descarbonização da matriz de transporte, de acordo com as diretrizes delineadas pelo Ministério de Minas e Energia (MME) no contexto do projeto Rota 2030. Apesar da ausência de metas oficiais no Brasil, os licenciamentos de Veículos Elétricos a Bateria (BEV) apresentaram um notável crescimento, atingindo um aumento tanto quantitativo quanto percentual de até 300% entre 2021 e 2022 (EPE, 2023).

Figura 2: Vendas anuais de elétricos na América Latina (mil)



Fonte: Consoni et al, 2022.

Ainda conforme as informações do relatório anual da PNME (2022), é evidente que a América Latina está se alinhando gradativamente com a trajetória observada nos mercados europeu e asiático, com os Veículos Elétricos Híbridos *Plug-in* (PHEV) ganhando popularidade, refletindo uma mudança crescente na preferência dos consumidores na região.

2.2 Panorama Geral: Tecnologias Associadas à VEs

Nesta seção, propõe-se apresentar e discutir brevemente alguns aspectos técnicos associados a termos utilizados ao longo deste documento, com o propósito de dar ao leitor subsídios para compreender melhor as discussões aqui realizadas.

2.2.1 Tipos de Veículos Elétricos

Veículos elétricos são classificados em duas categorias principais: os BEV's, que são impulsionados exclusivamente por motores elétricos alimentados por baterias, e os Veículos Elétricos Híbridos (HEV), que combinam motores elétricos com motores a combustão. Nos híbridos, os motores a combustão podem ser usados tanto para recarregar as baterias quanto para auxiliar na propulsão, sendo também responsáveis por esse processo de recarga. Além disso, há ainda os PHEV, equipados com motores a combustão, que podem ser conectados à rede elétrica para a recarga das baterias, possibilitando a operação exclusiva com energia

elétrica em percursos curtos, oferecendo uma alternativa mais sustentável e eficiente para a mobilidade urbana (Vonbun; Christian, 2015).

Os HEV's atualmente utilizam três tipos principais de sistemas híbridos: série, paralelo e série-paralelo (Carlos, 2017). O sistema híbrido em série é uma forma básica de veículo híbrido, em que o motor de combustão interna gera energia elétrica por meio de um gerador. Essa eletricidade pode carregar a bateria ou ser usada diretamente para impulsionar as rodas por meio de um motor elétrico e uma transmissão mecânica. Devido à necessidade de três dispositivos de propulsão (gerador, motor elétrico e motor de combustão interna), esse sistema geralmente é menos eficiente e mais caro, especialmente se for projetado para enfrentar encostas íngremes (Chan, 2002). Em viagens curtas, como trajetos diários para o trabalho e compras, o conjunto de motor a combustão interna pode ser de menor potência, tornando-o mais adequado para essas aplicações específicas.

O sistema híbrido paralelo se destaca ao permitir que tanto o motor de combustão interna quanto o motor elétrico impulsionem as rodas simultaneamente. Ambos estão conectados ao eixo das rodas por embreagens, possibilitando que a propulsão seja proveniente apenas do motor de combustão interna, apenas do motor elétrico ou de ambos. O motor elétrico também atua como gerador, recarregando a bateria durante a frenagem regenerativa ou absorvendo energia do motor de combustão interna quando sua saída é maior do que a necessária para movimentar o veículo. Comparado ao sistema em série, o híbrido paralelo utiliza apenas dois dispositivos de propulsão: o motor de combustão interna e o motor elétrico (Chan, 2002). Essa configuração mais simples e eficiente faz do sistema híbrido paralelo uma escolha atrativa para veículos de longa distância, contribuindo para a redução dos custos em comparação com sistemas mais complexos em série.

No sistema híbrido em série-paralelo, são integradas características tanto dos híbridos em série quanto dos paralelos, incluindo um elo mecânico adicional em relação ao sistema em série e um gerador extra comparado ao sistema paralelo. Embora apresente as vantagens de ambos os tipos, essa configuração é mais complexa e onerosa. Contudo, devido aos progressos nas tecnologias de controle e fabricação, alguns veículos híbridos modernos estão adotando essa abordagem, visando alcançar um equilíbrio entre eficiência e complexidade técnica (Chan, 2002).

2.2.2 Tecnologias de Carregamento

A evolução na parcela de mercado ocupada pelos veículos elétricos é profundamente entrelaçada com avanços tecnológicos recentes, que possibilitaram a melhoria de desempenho (autonomia) e o aumento de competitividade em relação aos veículos à combustão. Esse progresso emergiu em consonância com os notáveis avanços nos campos da tecnologia da informação e das telecomunicações durante os anos 1990. A crescente demanda por mobilidade impulsionou a busca pela redução do peso e pelo aumento da capacidade de armazenamento de energia (Castro; Ferreira, 2010). Em suma, a tecnologia da mobilidade elétrica fundamenta-se na combinação coordenada de dispositivos de armazenamento de energia e do motor elétrico como sistema de impulso (Udaeta, 2015).

A disseminação dos veículos elétricos está intrinsecamente ligada a fatores essenciais, como apoio financeiro do governo, avanços tecnológicos, melhorias na rede elétrica e o estabelecimento de pontos de carregamento (Gao et al., 2017). Em relação à infraestrutura, os desafios surgem devido à necessidade de se obter baterias de alta capacidade que devem possuir tempos de carregamento reduzidos. Os atributos do carregador, incluindo potência, tempo e localização de carregamento, custos, equipamentos e impacto na rede, desempenham um papel crucial na decisão sobre o sistema de carregamento para veículos elétricos. Nesse sentido, a implantação da infraestrutura de carregamento e dos equipamentos de sistemas de veículos elétricos é uma consideração altamente complexa, abrangendo uma série de desafios, como tempo de carga, distribuição, alcance, políticas de demanda, padronização de estações de recarga e questões regulatórias (Yilmaz; Krein, 2012).

O processo de carregamento para veículos híbridos *plug-in* e veículos puramente elétricos pode ser categorizado em três níveis distintos. A maioria dos veículos elétricos é carregada em casa durante a noite, utilizando uma tomada comum para um carregamento lento de Nível 1. Para um carregamento mais rápido de Nível 2, utilizado em instalações públicas e privadas, é necessário um ponto de energia de 240 V. O foco para futuros desenvolvimentos está voltado para o Nível 2, que oferece um carregamento semi-rápido e pode ser amplamente implementado em diversos ambientes. Já os carregamentos de Nível 3 e carregamento rápido com corrente contínua (CC) são projetados para configurações comerciais e públicas, assemelhando-se a postos de gasolina, geralmente exigindo soluções trifásicas. As estações públicas utilizarão principalmente carregadores de Nível 2 ou 3, instalados em locais como estacionamentos, shoppings, hotéis, áreas de descanso, teatros e restaurantes (Yilmaz; Krein, 2012).

Adicionalmente, esses carregadores podem ser categorizados como aqueles que estão dentro do veículo (*on-board*) e os que estão fora dele (*off-board*). No caso dos carregadores *on-board*, todo o equipamento necessário está instalado no próprio carro. Contudo, devido a preocupações relacionadas a custos, espaço e peso, a quantidade de energia que eles podem acessar é limitada até o Nível 2. É como ter um carregador portátil incorporado ao veículo, mas com algumas limitações para garantir praticidade e eficiência (Yilmaz; Krein, 2012). A Tabela 1 apresenta a classificação quanto aos níveis de carregamento.

Quadro 1: Resumo sobre os níveis de carregamento considerados para tecnologias de eletromobilidade

Nível	Ligação do carregador	Uso típico	Potência
Nível 1 120V / 230V	Monofásico (<i>On-board</i>)	Casa ou Escritório	Até 2 kW
Nível 2 240V/ 400V	Monofásico ou Trifásico (On-board)	Pontos de venda dedicados	4 – 20 kW
Nível 3 480 / 600 V ou CC direto	Trifásico (Off-board)	Posto de abastecimento comercial	50 – 100 kW

Fonte: Adaptado.Yilmaz; Krein, 2012.

Assegurar a padronização dos procedimentos e conectores no processo de recarga das baterias de veículos elétricos é de fundamental importância para promover e consolidar essa tecnologia no mercado automobilístico global. Analogamente aos veículos movidos a combustível fóssil, para os quais a compatibilidade entre o bico da bomba de combustível e o bocal do tanque permite o abastecimento em qualquer local, é esperado que se estabeleçam padrões internacionais únicos ou, no mínimo, compatíveis entre si, para os veículos elétricos. Neste cenário, três padrões notáveis de conectores e métodos de recarga condutiva têm sido internacionalmente adotados pelos principais fabricantes de automóveis, buscando uma uniformidade que facilite e estimule a adesão generalizada a essa revolucionária forma de mobilidade (SMMT, 2010). Nos Estados Unidos, o padrão para recarga de veículos elétricos é o SAE J1772, enquanto na Europa, são utilizados os padrões IEC 61851 e 62196, adotados recentemente no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Em 2012, EUA e Europa adotaram o conector "combo" do SAE J1772, permitindo recarga lenta em CA

e rápida em CC (IEC, 2011). No Japão, o padrão predominante é o CHAdeMO, que não é compatível com o SAE J1772. O IEC 61851 é compatível com ambos (Chademo, 2013).

O SAE J1772, detalhado na Figura 3, é o padrão recomendado pela *Society of Automotive Engineers* (SAE) para conectores de carregamento de VEs. O padrão é projetado para ser compatível com dois níveis de carregamento nível 1 e nível 2. O padrão SAE J1772 define o design do acoplador de carga para veículos elétricos, com cinco pinos/contatos, incluindo um mecanismo de travamento e opcionalmente um mecanismo de bloqueio. Os contatos são designados para diferentes funções, como energia CA, aterramento, comunicação entre veículo e equipamento de energia e detecção de proximidade. Além disso, o padrão estabelece requisitos para comunicação de dados, durabilidade, resistência a impactos, segurança elétrica e desempenho ambiental do acoplador e seus acessórios (SMMT, 2010). No âmbito do carregamento rápido em corrente contínua, o conector é equipado com dois pinos significativos, transformando o conector em um Sistema Combinado de Carregamento (CCS) conhecido como SAE J1772 DC CCS1. (Neocharge, 2021).



Fonte: Neocharge, 2021.

A norma internacional IEC 61851 abrange o sistema global de carregamento para veículos elétricos, estabelecendo requisitos para equipamentos de carga em tensões padronizadas de CA até 690V e CC até 1000V (IEC, 2010). A IEC 62196, norma complementar, detalha os plugues, tomadas e acopladores para recarga de VEs que usam cabos ou plugues para transferir energia da fonte para o veículo, ou seja, carregamento condutivo (IEC, 2011).

Essa padronização é essencial para garantir a compatibilidade internacional em conectores e métodos de carregamento, impulsionando a adoção de veículos elétricos em escala mundial. Os padrões, mostrados na Figura 4, definidos pela IEC visam criar uma estrutura comum para a indústria de veículos elétricos, promovendo interoperabilidade e facilitando o desenvolvimento de infraestrutura de carregamento. Enquanto a IEC 61851 concentra-se nos

requisitos gerais e nas estações de carga, a IEC 62196 detalha os componentes específicos dos conectores. Essa abordagem abrangente é fundamental para a aceitação global dos veículos elétricos, pois estabelece parâmetros comuns que transcendem fronteiras e promovem a expansão da infraestrutura de carregamento. A IEC 61851 enfatiza a importância de proporcionar carregamento eficiente e seguro, abordando aspectos como comunicação entre veículo e estação, durabilidade, resistência a impactos e segurança elétrica. Ao estabelecer diretrizes rigorosas, essa norma visa garantir uma experiência de carregamento consistente, confiável e segura para os usuários de veículos elétricos em todo o mundo. A IEC 62196, por sua vez, focaliza os conectores específicos, definindo os requisitos dimensionais para acessórios de pinos e contatos tanto em CA quanto em CC (SMMT, 2010).

Este padrão de conector foi concebido para utilização em sistemas de corrente alternada (CA) trifásica para carregamento, embora as estações de carregamento que empregam esse tipo de plugue possam ser conectadas a redes monofásicas, o veículo será carregado a uma potência menor, resultando em um carregamento mais lento. A distribuição dos pinos é similarmente ao conector SAE, adicionando mais 2 pinos que correspondem às fases extras para carregamento trifásico (Neocharge, 2021).

Figura 4: Conector Padrão IEC 62196

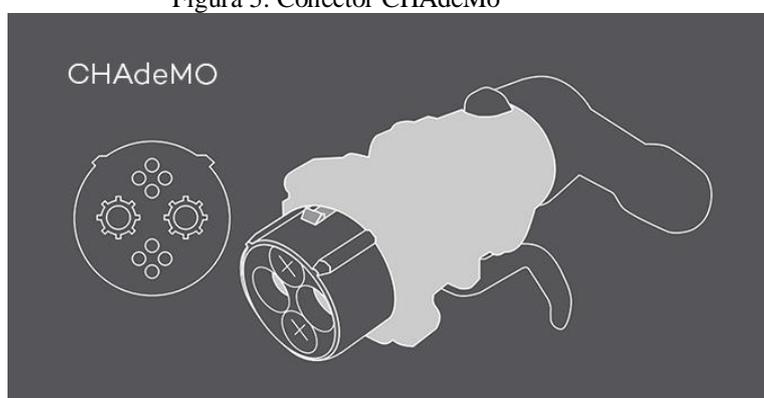


Fonte: Neocharge, 2021.

O principal método de recarga rápida em corrente contínua é o CHAdeMO, cujo conector é apresentado na figura 5, desenvolvido por uma associação global que inclui montadoras japonesas e francesas, como Nissan/Renault, Mitsubishi, Subaru, Toyota, e a empresa de energia de Tóquio (SMMT, 2010). Este sistema é amplamente reconhecido e adotado internacionalmente, seguindo padrões estabelecidos pela norma IEC 61851-23, e permite realizar recargas de até 500 V/125 A (IEC, 2010). A origem da sigla CHAdeMO está relacionada a "*Charge de Move*", que significa carregue e mova, representando um sistema japonês de carregamento rápido em corrente contínua. Notório por sua alta capacidade de carga, o CHAdeMO também se diferencia ao possibilitar o carregamento bidirecional, sistema

que permite que VEs não apenas recebam energia de fontes externas, mas também devolvam energia à rede elétrica quando necessário. Isso oferece a capacidade de armazenamento de energia móvel e pode contribuir para a estabilidade da rede elétrica. O padrão CHAdeMO possui três pinos de alimentação e seis contatos de comunicação. Ele se destaca como o único conector com um protocolo de carregamento padronizado que facilita a tecnologia V2X (capacidade de comunicação entre veículos), possibilitando a comunicação do veículo via WLAN com outros veículos, infraestrutura, rede elétrica, dispositivos, rede de comunicação e pedestres. (Neocharge, 2021).

Figura 5: Conector CHAdeMO



Fonte: Neocharge, 2021.

2.3 Políticas Públicas

A transição para veículos elétricos foi alavancada pela COP21 em 2015, impulsionada pela Iniciativa de Veículos de Emissão Zero com o objetivo de atingir emissões zero até 2050. Essa iniciativa visa alcançar emissões zero em todos os automóveis de passageiros até 2050, levando diversos países a se comprometerem com proibições de combustíveis tradicionais. A expressão "sem combustão" nesses compromissos sinaliza uma mudança irreversível em direção aos veículos elétricos, exigindo que empresas ajustem suas estratégias e que os consumidores reavaliem suas escolhas de veículos (Bispo; Cechin, 2023).

Dessa forma, governos globais estão adotando medidas para impulsionar a adoção de VEs, iniciando com uma visão e metas estabelecidas. O passo essencial é a incorporação de veículos elétricos e o desenvolvimento da infraestrutura necessária para sua implementação. Fabricantes de automóveis são motivados por programas de aquisição que estimulam a demanda, aumentando a oferta de VEs no mercado e impulsionando a implementação inicial de infraestrutura de carregamento acessível ao público (Agrawa, 2020). Estratégias

implementadas na União Europeia, na China e nos Estados Unidos, por exemplo, incluem regras de trânsito favoráveis, como estacionamento exclusivo e faixas rápidas para veículos elétricos, incentivos financeiros, como subsídios na compra e isenção de taxas, além de investimentos significativos em infraestrutura de carregamento (Lieven, 2015).

Nesse contexto de análise do panorama global em relação às políticas públicas de estímulo aos veículos elétricos, os próximos tópicos abordarão mais detalhadamente os Estados Unidos, a China e alguns países do Continente Europeu, que são atores-chave que desempenham papéis significativos na evolução e adoção dessa tecnologia inovadora. O objetivo é fornecer *insights* e descrever abordagens que possam orientar a formulação de políticas no Brasil, buscando inspirar ações que promovam o desenvolvimento do cenário associado à mobilidade elétrica no país. Essas lições incluem a importância de normativas que favoreçam a infraestrutura de carregamento, a promoção da interoperabilidade, a criação de incentivos econômicos estratégicos e a adaptação contínua das políticas à medida que o cenário de mobilidade elétrica se desenvolve. Essas ações podem servir como um guia para impulsionar a transição bem-sucedida para a mobilidade elétrica no contexto nacional.

2.3.1 Continente Europeu

A Comissão Europeia lançou a estratégia Europeia para veículos não poluentes e energeticamente eficientes em abril de 2010, visando a promoção do desenvolvimento e a adoção de veículos sustentáveis na região (Leurent; Windisch, 2011). O objetivo era posicionar a Europa como líder em tecnologia e mercado, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e as emissões do setor de transportes. A estratégia abrange a revisão do quadro regulamentar de emissões veiculares, o apoio à P&D em tecnologias verdes, a promoção de projetos de eletromobilidade em toda a União Europeia (UE) e a padronização de infraestruturas de comunicação e recarga para veículos elétricos (Leurent; Windisch, 2011). Desde então, a União Europeia tem estabelecido metas de emissões de CO₂ para carros novos. Paralelamente a isso, pesquisas indicam que melhorias na eficiência dos veículos convencionais podem auxiliar no atendimento a essas metas de redução de emissões de gases poluentes, reduzindo a necessidade de veículos elétricos (Mock, 2014; Mock, 2017), o que também vem sendo incentivado.

Nessa conjuntura, em 2014, a Diretiva 2014/94/UE, promulgada pelo Parlamento Europeu e pelo Conselho em 22 de outubro de 2014, teve como objetivo estabelecer diretrizes uniformes para a implementação de infraestrutura de combustíveis alternativos na União

Europeia, como forma de reduzir a dependência do petróleo e para reduzir os impactos ambientais decorrentes do setor de transportes. A iniciativa buscava incentivar o uso generalizado de veículos elétricos em toda a Europa e, com essa ideia, indicou naquele momento a instalação média de, pelo menos, um ponto de carregamento para cada 10 automóveis (UE, 2014). À medida que o interesse na adoção de VEs crescia, tornou-se evidente a necessidade de se estabelecer padrões para guiar esse avanço. Nesse contexto, coube ao Comitê Europeu de Normalização definir tais padrões, sendo a EN 62196–1 (2014) uma delas, abordando requisitos gerais relacionados à infraestrutura de recarga. Posteriormente, a norma EN 62196–2 (2017) foi implementada para padronizar o processo de carregamento condutivo de VEs. Essas normas desempenham um papel crucial ao fornecer diretrizes e uniformidade no desenvolvimento e na implementação da infraestrutura de recarga, contribuindo assim para o crescimento sustentável e a eficiência do setor de VEs (D’agosto et al., 2020). Essa padronização é de extrema relevância, uma vez que determina não apenas a capacidade de carregamento dos VEs, mas também a configuração elétrica dos *plugs* utilizados nas estações de recarga. A título de conhecimento, o *plug* Tipo 2, conforme especificado na norma mencionada, foi projetado para carregamento em rede trifásica em CA, suportando até 22 kW de potência. Adicionando dois pinos extras, ele permite o carregamento rápido em CC, tornando-se o sistema de carregamento combinado Tipo 2 - CCS2, capaz de suportar até 350 kW de potência. Essa versatilidade faz do Tipo 2 uma escolha popular para estações de carregamento de veículos elétricos em todo o mundo (Neocharge, 2023).

Embora a maioria dos países europeus tenha adotado algum suporte para VEs, os países mais ricos do bloco destacam-se pela maior presença desses veículos em suas frotas. Isso ocorre devido aos maiores investimentos em políticas de estímulo, especialmente em subsídios financeiros (Acea, 2017). Dessa forma, alguns países obtiveram uma notável proeminência no mercado global de veículos elétricos, alguns desses países são o Reino Unido, que deixou o bloco em 2020, França e Alemanha. O *Office for Low Emission Vehicles* (OLEV), programa governamental do Reino Unido, desempenha um papel central na expansão da eletromobilidade, concentrando-se em iniciativas de descarbonização do transporte por meio de projetos de P&D e programas de demonstração, buscando facilitar o acesso a veículos de baixa emissão (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012).

Em 2011, o governo britânico introduziu o *Plug-in Car Grant*, um proeminente programa de incentivo para veículos de baixa emissão. Esse programa oferece subsídios aos compradores com base nas emissões de CO₂, com destaque para os veículos elétricos. Os

descontos podem chegar a 4.500 libras para veículos que emitem menos de $50\frac{g}{km}$ e têm uma autonomia mínima de 112 km sem emissões, e 2.500 libras para veículos que emitem entre 50 e $75\frac{g}{km}$ com uma autonomia mínima de 16km sem emissões (OLEV, 2018).

Há, também, benefícios fiscais, como a isenção do imposto de circulação anual para VEs com custo inferior a 40.000 libras. Empresas que adquirem VEs podem deduzir 100% do valor de compra nos impostos se o veículo emitir menos de 50g de dióxido de carbono por quilômetro. Outras medidas incluem um imposto fixo de 18% por ano para VEs que emitem mais de 50 g de dióxido de carbono por quilômetro. Incentivos locais e regionais também são observados. Na Escócia, há empréstimos sem juros para a compra de VEs, além de subsídios e empréstimos para estações de carregamento. Na Irlanda do Norte, subsídios são oferecidos a particulares e a empresas na aquisição de VEs (Amps, 2021).

Quanto ao carregamento, o orçamento de 290 milhões de libras destinado à estratégia de zero emissões destina 80 milhões para melhorar a infraestrutura. Nacionalmente, há subsídios para instalação de carregadores em casa e no local de trabalho, como o *Electric Vehicle Homecharge Scheme* e o *Workplace Chargepoint Grant*, respectivamente. O *Electric Vehicle Homecharge Scheme* oferece subsídios de até 75% para a instalação de carregadores em casa, enquanto o *Workplace Chargepoint Grant* cobre até 75% dos custos de aquisição e instalação de estações no local de trabalho. Empresas que instalam infraestrutura de carregamento podem acessar benefícios fiscais (Cachão, 2023)

Na promoção da eletromobilidade, o Estado francês adotou medidas desde a década de 1970, destacando-se o Programa de Coordenação Francês para Pesquisa e Inovação em Transportes Terrestres (PREDIT). Essa plataforma governamental, que continua operando, busca acelerar projetos de P&D associados ao avanço tecnológico aplicado em VEs, e envolve ministérios como Ecologia e Desenvolvimento Sustentável, Assuntos Estrangeiros e Desenvolvimento Internacional, além de agências como a Agência de Inovação Industrial, a Agência do Meio Ambiente e Gestão de Energia, e a Agência Nacional de Pesquisa. Essa consistência destaca o comprometimento duradouro das políticas e instituições francesas com a inovação em mobilidade elétrica (Consoni et al, 2018). A França assume um papel crucial na eletrificação automotiva, destacado por um plano de auxílio de 8 bilhões de euros destinado à sua indústria automobilística. Sob a liderança do presidente Macron, o país estabeleceu metas ambiciosas, incluindo a implementação de mais de 100.000 estações de carregamento público e a produção anual de 1 milhão de carros elétricos até 2025. Esse esforço conta com o respaldo

de 1,3 bilhão de euros em incentivos, proporcionando aos cidadãos a oportunidade de economizar até 19.000 euros na aquisição de veículos elétricos (Amps, 2021).

Dessa forma, a França também está profundamente empenhada na transição para a mobilidade elétrica, implementando uma ampla gama de incentivos para impulsionar a adoção de veículos elétricos. O destaque dessas medidas é o generoso subsídio de aquisição, conhecido como Bônus Ecológico lançado em 2015. Para VEs que emitem 20 g ou menos de CO₂ por km, esse bônus pode chegar a até 7.000 euros, enquanto os PHEV, com emissões entre 21 g e 50 g de CO₂ por km, são elegíveis para um bônus de até 2.000 euros. Outra iniciativa inovadora é o Programa de Resíduos de 2015, ou Bônus de Conversão, que oferece até 5.000 euros para a compra de VEs usados ou novos, incentivando a substituição de veículos a diesel anteriores a 2001 ou a gasolina anterior a 1997 (Amps, 2021). Além disso, as zonas com baixas emissões recebem destaque, com um bônus de 1.000 euros para residentes ou trabalhadores nessas áreas. No âmbito dos benefícios fiscais, observam-se descontos significativos no imposto de registro para VEs, variando de isenção a 50% de desconto, dependendo da região. As empresas que optam por VEs totalmente elétricos desfrutam de isenções específicas de impostos. Adicionalmente, subsídios regionais, que podem chegar a 6.000 euros, estão disponíveis, juntamente com até duas horas de estacionamento gratuito em determinados municípios, beneficiando proprietários de VEs. A infraestrutura de carregamento também está no centro das atenções, com uma variedade de subsídios. Particulares podem obter um crédito de 300 euros na compra e instalação de carregadores residenciais. Empresas têm a oportunidade de subsidiar até 40% dos custos de aquisição e instalação de estações de carregamento. Condomínios podem receber até 50% de ajuda para aquisição e instalação. Entidades públicas com subsídios de até 40% dos custos para a instalação de estações de carregamento municipais, com um limite máximo estabelecido (Amps, 2021).

A Alemanha, também atuando como uma protagonista nesta área e uma líder na indústria automobilística europeia, desempenha um papel vital, representando 30% da produção e 20% das vendas de veículos de passageiros no continente. Este setor é um pilar essencial da economia alemã, contribuindo com cerca de 20% do PIB industrial, 35% dos gastos com projetos de P&D e gerando aproximadamente 792 mil empregos diretos. Diante das mudanças climáticas, a Alemanha adotou a mobilidade elétrica como estratégia para reduzir as emissões de CO₂ no setor de transporte. O governo estabeleceu metas ambiciosas, como as do *Climate Action Plan 2050*, que busca uma redução de pelo menos 55% nas emissões de gases causadores do efeito estufa até 2030, em relação às emissões observadas em 1990. O setor de transporte é desafiado a contribuir com reduções entre 40% e 42% até 2030.

Além de um compromisso ambiental, a transição para veículos elétricos é vista como uma oportunidade para impulsionar a indústria automotiva alemã. O país investe em projetos de P&D, com destaque para tecnologias relacionadas a VEs, como estudos direcionados a *powertrains* eletrônicos e à melhoria de tecnologias associadas a baterias. A *National Platform for Electric Mobility* (NPE), criada em 2010, coordena as principais ações para promover a eletromobilidade no país, reunindo diferentes atores e propondo políticas estratégicas. Nesse contexto, iniciativas de P&D, como o *German Economic Stimulus Package II* e o *Electric Mobility Showcase*, visam impulsionar tecnologias-chave e reduzir os custos de produção (Ramos, 2018).

A Alemanha se destaca como líder na promoção de VEs na Europa, impulsionada por um conjunto abrangente de benefícios. O país, empenhado em alcançar 10 milhões de carros elétricos e 1 milhão de estações de carregamento até 2030, adotou medidas significativas para estimular a transição para a mobilidade elétrica. O pacote de estímulo econômico de 130 bilhões de euros, implementado em resposta à pandemia de COVID-19, inclui financiamento direcionado para aumentar os incentivos aos VEs. Isso resultou em reduções substanciais nos preços, tornando modelos elétricos, como o *Seat Mii Electric*, mais acessíveis, custando menos de 11.000 euros. O programa *Umweltbonus* de 2016, conhecido como "bônus ambiental", é um pilar crucial, oferecendo subsídios significativos para a aquisição de VEs e incentivando o descarte de veículos a diesel e gasolina. Os subsídios de aquisição variam com base no valor do veículo, proporcionando descontos substanciais para carros totalmente elétricos e híbridos *plug-in*. A Alemanha também implementou políticas fiscais favoráveis, incluindo isenções e taxas reduzidas, para os proprietários de VEs, o uso de veículos elétricos em serviço particular é tributado a uma taxa notavelmente inferior em comparação com os veículos a combustão, promovendo ainda mais a adoção desses veículos. Além disso, subsídios adicionais estão disponíveis em várias cidades e municípios (Amps, 2021). No contexto da infraestrutura de carregamento, subsídios consideráveis estão disponíveis para a instalação de carregadores privados, incentivando a transição para fontes de energia renovável. O país também busca eletrificar suas estações de serviço, transformando-as em pontos de carregamento, alinhando-se com metas ambiciosas para o futuro. Subsídios para fabricantes e programas de substituição de frotas incentivam empresas a adotarem veículos elétricos, contribuindo para a descarbonização do setor. No setor de transportes públicos, os investimentos visam aumentar a presença de ônibus e caminhões elétricos e os operadores privados e municipais recebem financiamento significativo para facilitar a transição para sistemas mais sustentáveis (Amps, 2021).

Diante das políticas públicas de incentivos à mobilidade elétrica, o panorama das vendas de carros elétricos na Europa reflete um aumento consistente, atingindo 2,7 milhões em 2022, um aumento de mais de 15% em relação a 2021. A Europa contribuiu significativamente para o crescimento global nas vendas de carros elétricos, respondendo por 10% desse aumento. Isso ocorre em meio a um cenário de contração contínua nos mercados automotivos, com as vendas totais de carros na Europa diminuindo 3% em 2022 em relação a 2021. A desaceleração observada em 2022 pode ser atribuída, em parte, ao crescimento excepcional nas vendas de carros elétricos nos anos anteriores, impulsionado pelas rápidas adaptações dos fabricantes às normas de emissão de CO₂ estabelecidas em 2019. Estas normas se referem ao período de 2020 a 2024, sendo que serão definidas metas mais rigorosas para a UE a partir de 2025 e 2030. A Europa permanece como o segundo maior mercado global de carros elétricos, representando 25% das vendas globais e 30% do estoque global em 2022. A participação nas vendas atingiu 21%, destacando a ascensão contínua dos carros elétricos no mercado europeu. Países como Alemanha, Reino Unido e França mantêm altas classificações na participação nas vendas de carros elétricos. O crescimento na Alemanha é de destaque, tornando-se o maior mercado europeu em 2022 com vendas de 830.000 unidades (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2023).

2.3.2 Estados Unidos

A indústria automobilística nos Estados Unidos, caracterizada pelo seu histórico inovador, enfrentou desafios notáveis, especialmente no que diz respeito à sua dependência de combustíveis fósseis. Iniciativas seminais para desenvolver veículos elétricos surgiram ainda na década de 1970, impulsionadas pela necessidade de se garantir a segurança energética do país diante dos impactos da crise do petróleo (Ramos, 2018). Nos anos 1990, a Califórnia estabeleceu cotas para produção de Veículos de Zero Emissão (ZEV), por intermédio do órgão *California Air Resources Board (CARB)*, que definia percentuais de 2% em 1998, 5% em 2001 e 10% em 2003, contribuindo para um foco renovado na produção de VEs (Ramos, 2018). Porém, o *California Air Resources Board* aprovou uma proposta revisada em 1998, temporariamente eliminando as exigências mencionadas, que foram posteriormente reintroduzidas. Isso culminou na assinatura, em 2013, do *Multi-State ZEV Action Plan*, um memorando de entendimento entre governadores de diversos estados, incluindo Califórnia, Connecticut, Maryland, Massachusetts, Nova York, Oregon, Rhode Island e Vermont. O

objetivo do plano era atingir a marca de 3,3 milhões de ZEVs nas estradas até 2025 (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2014).

Nesse contexto, a economia americana alocou 2,4 bilhões de dólares para apoiar a construção de plantas industriais dedicadas a veículos elétricos, e mais 2 bilhões de dólares foram destinados às fábricas de baterias e outros componentes relacionados a veículos elétricos. Esse estímulo foi implementado por meio de programas como o *Advanced Technology Manufacturing Program*, criado em 2007 para fornecer suporte financeiro, na forma de créditos, a fabricantes e empresas de autopeças, visando prepará-los para a produção de veículos ou componentes veiculares de tecnologias avançadas. Além disso, os programas *Recovery Act* e *Economic Stimulus for the Auto Industry*, ambos de 2009, garantiram financiamento substancial para que grandes montadoras fabricassem VEs nos Estados Unidos (BRASIL, 2018).

Note-se que, nos Estados Unidos, o Departamento de Energia exerce um papel essencial na promoção dos veículos elétricos em nível federal, sendo o principal financiador de projetos de pesquisa e desenvolvimento. Desde 1975, o departamento de energia tem liderado a promoção de tecnologias de VEs, atualmente coordenando os esforços de P&D por meio do subprograma *Plug-in Electric Vehicles and Batteries* (Slowik et al., 2018). O departamento colabora com outras agências governamentais e a indústria automotiva, destacando-se como um catalisador significativo para o avanço dos VEs nos Estados Unidos. Além disso, outro departamento importante é o Departamento de Transporte, que desempenha um papel relevante nas dimensões de infraestrutura e consumo. Em conjunto com a Agência de Proteção Ambiental, o departamento de transporte implementa legislações, como a *Public Law 114-94/2015*, que isenta veículos zero emissões de requisitos para faixas de alta ocupação e pedágios. A interação entre órgãos federais e agências estaduais contribui para a promoção de iniciativas estaduais e locais que incentivam a adoção de VEs, refletindo a diversidade sociopolítica nos Estados Unidos (Slowik et al., 2018).

Projetos como o *Charge Point America*, o *EV Project* e outros, financiados pelo *Recovery Act*, surgiram por meio de colaborações entre governos locais e estaduais, empresas de serviços públicos, institutos de pesquisa governamentais e o setor privado, incluindo fabricantes de veículos. Essas iniciativas visavam instalar, testar e avaliar pontos de carregamento, compreender o comportamento dos usuários e experimentar modelos de negócios relacionados ao carregamento público de VEs. Em um exemplo específico, o *EV Project* instalou milhares de pontos de carregamento residenciais e públicos, subsidiando

custos de instalação para os usuários e oferecendo programas de recompensas para incentivar o uso da infraestrutura pública (Slowik et al., 2018).

A implementação de políticas de estímulo à infraestrutura de carregamento para veículos elétricos e sua integração nas redes elétricas ganhou destaque no final dos anos 2000. Em 2009, o programa CARB padronizou as conexões para carregamento de VEs na Califórnia, seguindo o padrão SAE J1772. Dez anos depois, em 2019, o Senado aprovou a Lei 676-2019, que demanda a implementação de políticas visando o desenvolvimento de infraestrutura adequada para superar obstáculos à ampla adoção e utilização de HEV e PHEV. No mesmo ano, o programa CARB protagonizou uma modificação no *California Code of Regulations*, especificamente no tópico 1962.3, que trata dos requisitos de carregamento de veículos elétricos, incluindo a adição de PHEV (D'agosto et al., 2020).

Esses incentivos financeiros e não financeiros tornaram os Estados Unidos, em 2020, o terceiro maior mercado de veículos elétricos, com a venda de cerca de 320.000 novos veículos, seguindo a China e a Europa. Além disso, o estoque americano de veículos elétricos representou 20% da frota global, totalizando 880 mil veículos totalmente elétricos e 520 mil híbridos em 2019 (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2021).

2.3.3 China

O avanço econômico recente na China está caracterizado por uma notável transição, afastando-se de uma economia baseada em salários reduzidos, tecnologias que dependem fortemente do trabalho humano para operação, manutenção ou produção e em exportações de baixo valor agregado. Atualmente, o país está profundamente empenhado em impulsionar a inovação e a realizar uma atualização industrial, abandonando paradigmas anteriores. Iniciativas como o *Made in China 2025* refletem a resoluta intenção do governo chinês em fomentar setores industriais mais sofisticados do ponto de vista tecnológico. Dentro desse contexto, a indústria de veículos elétricos, conhecida como Veículos de Nova Energia (VNE) na China, se destaca como um notável triunfo, representando uma significativa mudança em direção à inovação e à sustentabilidade (Gomes, 2020).

No âmbito ambiental, existe uma crescente inquietação em relação aos desafios apresentados pelas mudanças climáticas. A China enfrenta desafios significativos vinculados ao uso extensivo de combustíveis fósseis em sua matriz energética. Segundo Bocalon (2022), a China possui uma matriz energética 85% baseada em combustíveis fósseis, sendo

majoritariamente composta por carvão mineral. Paralelamente a essa dependência intensiva de fontes não renováveis, a quantidade considerável de veículos a combustão interna agrava significativamente a poluição do ar nas áreas urbanas. As emissões provenientes de veículos equipados com esses motores representam a principal fonte de emissões de GEE em áreas urbanas chinesas, contribuindo com cerca de 80% do total das emissões (Santos; Grangeia, 2021).

A introdução de VEs na equação representa uma mudança crucial. Embora não transforme diretamente a matriz energética, a chegada dos VEs implicaria no deslocamento da poluição, transferindo-a das áreas urbanas mais prósperas para regiões rurais menos populosas e favorecidas, onde as usinas de energia estão localizadas. Ainda nessa conjuntura, observa-se um esforço adicional na China para transicionar sua matriz energética para fontes mais renováveis. A combinação dessas iniciativas visa não apenas reduzir a poluição do ar, mas também impulsionar a transição para um sistema de energia mais limpo e sustentável (Bocalon, 2022).

Com essa proposta de alteração da matriz energética e de criação de um cenário favorável à expansão da utilização de veículos elétricos, a República Popular da China emergiu recentemente como o principal mercado global para VEs, contando com uma expressiva frota de aproximadamente 3,5 milhões de unidades, o que corresponde a cerca de 47% do total mundial. Entretanto, a organização de políticas, o estímulo e a execução de ações voltadas para VEs só tiveram início a partir da década de 2000, abrangendo de maneira consistente e eficaz todas as dimensões e incentivos, contribuindo para sua posição atual (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2021). Nesse período, a China começou a incorporar cada vez mais os veículos elétricos em seus planos quinquenais. Esses planos da China, revisados a cada cinco anos, desempenham um papel vital na promoção da capacidade produtiva local de VEs. O 8º Plano Quinquenal Gongguam (1991-1995) foi pioneiro, fornecendo subsídios para pesquisa, desenvolvimento e programas demonstrativos em pequena escala, marcando o início das políticas voltadas para o crescimento do mercado de VEs na China (Consoni et al., 2018).

No 10º Plano Quinquenal, proposto em 2001, surgiu o Projeto 863, referente a veículos com células a combustível elétrico, e com foco principalmente em projetos de P&D. Já no 11º Plano Quinquenal (2006-2010), houve uma expansão significativa nas iniciativas relacionadas a P&D, produção e integração de veículos elétricos. Destacam-se o aperfeiçoamento do Projeto 863 de veículos de economia de energia e novas energias para P&D e o programa *Ten Cities, Thousand Vehicles*, com o objetivo de estabelecer anualmente 10 novas cidades-modelo e promover nelas incentivos à introdução de 1000 novos ZEVs (BRASIL, 2018). As iniciativas

chinesas para promover a infraestrutura de carregamento de veículos elétricos foram implementadas por meio de projetos como esses, que tinham como objetivo não apenas impulsionar o consumo, mas também desenvolver padrões nacionais abrangentes. Outra medida, como o *Notice Regarding Incentive for Construction of New Energy Vehicle Charging Facilities*, buscava acelerar a construção dessas instalações, fornecendo financiamento para novas cidades. Em 2015, políticas foram introduzidas para incentivar a construção de infraestrutura de carregamento, estabelecendo padrões e diretrizes para a instalação de pontos de carregamento em edifícios residenciais e locais públicos, como estacionamentos (BRASIL, 2018).

No país, as políticas e incentivos para a indústria de VNEs e, mais especificamente, para os VEs, são moldados principalmente por iniciativas estatais, que desempenham cinco papéis no sistema de inovação de veículos elétricos, são elas: definem prioridades, elaboram regulamentos, políticas e padrões, fornecem investimentos e financiamentos, estimulam a criação de conhecimento e criam demanda. Essa abordagem governamental visa unificar esforços e coordenar ações, garantindo uma implementação mais eficaz e consistente de iniciativas para promover os VEs (BRASIL, 2018). As normas para veículos elétricos evoluíram ao longo do tempo, incluindo regulamentações para baterias de íon de lítio, como a norma GB/Z 18333.1 (Consoni et al., 2018). Posteriormente, a norma QC/T 842, definiu protocolos de comunicação entre o sistema de gerenciamento de bateria e o carregador externo para veículos elétricos introduzidas em 2010. Em 2017 e 2018, as normas GB/T 33594 e GB/T 37133, definiram cabos de carregamento para VEs e especificações técnicas de cabos e conectores pesados para VEs, respectivamente (Consoni et al., 2018).

A China continuou avançando na regulamentação de seus VEs, e em 2005, estabeleceu normas para controlar emissões, definir consumo e autonomia. A norma GB/T 18386, por exemplo, refere-se a padrões técnicos específicos relacionados ao consumo e autonomia. Apenas em 2017, foram desenvolvidas normas para a reciclagem de baterias de veículos elétricos, detalhando o desmantelamento após o final da vida útil do VE. É o caso da norma GB/T 33598, que aborda a reciclagem de baterias usadas em veículos elétricos, especificando os requisitos técnicos para o processo de desmontagem de baterias usadas, visando garantir a segurança, eficiência e conformidade ambiental durante o procedimento. E, só em 2019, foi estabelecida a regulamentação GB 22128, que especifica tecnicamente empresas de coleta e desmontagem de VEs, abordando questões de logística reversa (D'agosto et al., 2020).

Nessa linha de promoção à eletromobilidade, Xangai foi designada pela China como uma cidade internacional de demonstração de VEs, destacando-se a criação da Zona de

Demonstração de VEs como um componente crucial dessa nomeação. Essa zona representa um eixo central para a eletromobilidade, oferecendo uma variedade de serviços que incluem vendas, testes públicos, inovações em modelos de negócios, coleta de dados, serviços de manutenção, suporte à infraestrutura e atividades de marketing. Estima-se que mais de 50 organizações do setor estabeleceram parcerias com a zona, que conta com aproximadamente 10.000 membros. Esse significativo e rápido crescimento da zona de demonstração de VEs em Xangai reflete a expansão nacional e global do mercado de VEs, com a cidade se destacando como um mercado crucial para essas vendas (Slowik et al., 2018).

Com o lançamento do 14º Plano Quinquenal (2021-2025) no final de 2020, há uma tendência clara em direção ao avanço da mobilidade elétrica. O plano destaca o fortalecimento do desenvolvimento de VEs como parte das estratégias para promover o desenvolvimento de baixo carbono e facilitar o uso eficiente de energia limpa. Isso reflete um compromisso renovado com a adoção e expansão da mobilidade elétrica como uma parte essencial da transição para um futuro mais sustentável (INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2021).

2.3.4 Síntese

Como destacado e discutido nas seções anteriores, as políticas públicas desempenham um papel crucial na integração eficaz de VEs na sociedade e vêm favorecendo a adoção de tecnologias inovadoras para a expansão de sua utilização. Incentivos financeiros, desenvolvimento de infraestrutura, normas, investimentos em pesquisa, conscientização pública e parcerias colaborativas foram identificados como áreas essenciais onde as políticas podem impulsionar a aceitação e a adoção generalizada de VEs. Essas medidas não apenas tornam os VEs mais acessíveis e atrativos para os consumidores, mas também estimulam a inovação, fomentam a conscientização cultural e contribuem para uma transição próspera em direção a uma mobilidade mais sustentável. As políticas mencionadas foram condensadas de maneira sistematizada na Tabela 2, a qual será retomada posteriormente nas discussões que serão realizadas no Capítulo 3 para a realização de comparações em relação aos desenvolvimentos atuais no Brasil. Essa abordagem proporcionará uma compreensão aprofundada das estratégias e práticas dessas regiões, evidenciando semelhanças, diferenças e lições aprendidas que podem ser aplicadas ao contexto brasileiro.

Quadro 2: Resumo Ações de Incentivos a Eletromobilidade - Internacional

Local	Tipo	Ação	Síntese	Ano	Referência
Continent Europeu	Programas / Incentivos	<i>Office for Low Emission Vehicles</i>	Iniciativas de descarbonização, no Reino Unido, do transporte por meio de projetos de P&D.	2009	(INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012)
		<i>Plug-in Car Grant</i>	Subsídios, no Reino Unido, aos compradores com base nas emissões de CO ₂ , com destaque para os veículos elétricos.	2011	(OLEV, 2018)
		<i>Electric Vehicle Homecharge Scheme</i>	Subsídios de até 75% para a instalação de carregadores em casa.	2014	(Cachão, 2023)
		<i>Workplace Chargepoint Grant</i>	Subsídios de até 75% para a instalação de carregadores no local de trabalho.	2014	(Cachão, 2023)
		Bônus Ecológico/ Programa de Resíduos	Subsídios, na França, na compra de veículos com baixa emissão de CO ₂ .	2015	(Amps, 2021)
		<i>Umweltbonus</i>	Subsídios, na Alemanha, na aquisição de VEs.	2016	(Amps, 2021)
	Normas	EN 62196-1	Requisitos gerais relacionados à infraestrutura de recarga.	2014	(D'agosto et al., 2020)
		EN 62196-2	Padronização do processo de carregamento condutivo de VEs.	2017	(D'agosto et al., 2020)
	Regulamentação	Diretiva 2014/94/EU	Estabelecer diretrizes uniformes para a implementação de infraestrutura de combustíveis alternativos na UE.	2014	(UE, 2014)
	EUA	Programas / Incentivos	<i>California Air Resources Board</i>	Quotas para produção de veículos de zero emissão.	1990
<i>Multi-State ZEV Action Plan</i>			Atingir a marca de 3,3 milhões de veículos de zero emissão nas estradas até 2025.	1998	(IEA, 2014)

Continua.

Local	Tipo	Ação	Síntese	Ano	Referência
EUA	Programas / Incentivos	<i>Advanced Technology Manufacturing Program</i>	Suporte financeiro a fabricantes e empresas de autopeças.	2007	(BRASIL, 2018)
		<i>EV Project</i>	Subsídio para instalação de pontos de carregamento residenciais e públicos.	2011	(SLOWIK ET al., 2018)
	Normas	SAE J1772	Padrão de conexões para carregamento dos VEs.	2009	(D'agosto et al., 2020)
		<i>Public Law 114-94 (Modificação de 2015)</i>	Isenta ZEVs de requisitos para faixas de alta ocupação e pedágios.	2015	(Slowik et al., 2018)
	Regulamentação	Lei do Senado 676	Requisitos para a incorporação de PHEV na rede de energia.	2019	(D'agosto et al., 2020)
		<i>California Code of Regulations 1962.3</i>	Regulamentação dos PHEV.	2019	(D'agosto et al., 2020)
China	Programas / Incentivos	8º Plano Quinquenal Gongguam	Subsídios para P&D e programas demonstrativos em pequena escala, marcando o início das políticas voltadas para o crescimento do mercado de VEs.	1991	(Consoni et al., 2018)
		Projeto 863	Projeto referente a veículos com células a combustível elétrico, e com foco principalmente em P&D.	2001	(BRASIL, 2018)
		<i>Ten Cities, Thousand Vehicles</i>	Subsídios para 10 novas cidades de demonstração anualmente.	2009	(BRASIL, 2018)
		<i>Construction of New Energy Vehicle Charging Facilities</i>	Financiamento para promover a infraestrutura de carregamento de VEs.	2014	(BRASIL, 2018)

Continua.

Local	Tipo	Ação	Síntese	Ano	Referência
China	Normas	QC/T 842	Definiu protocolos de comunicação entre o sistema de gerenciamento de bateria e o carregador externo para veículos elétricos introduzidas.	2010	(Consoni et al., 2018)
		GB/T 18386	Padrões relacionados a emissões, autonomia e consumo, abrangendo diversos tipos de VEs.	2015	(D'agosto et al., 2020)
		GB/T 33594	Normas para cabos de carregamento para VEs.	2017	(Consoni et al., 2018)
		GB/T 33598	Normas de reciclagem de baterias usadas em VEs.	2017	(D'agosto et al., 2020)
		GB/T 37133	Especificações técnicas de cabos e conectores pesados para VEs.	2018	(Consoni et al., 2018)
	Regulamentação	GB/Z 18333.1	Regulamentações para baterias de íon de lítio.	2001	(Consoni et al., 2018)
		GB 22128	Definiu protocolos de comunicação entre o sistema de gerenciamento de bateria e o carregador externo para veículos elétricos introduzidas.	2019	(D'agosto et al., 2020)

Fonte: Siqueira, 2024.

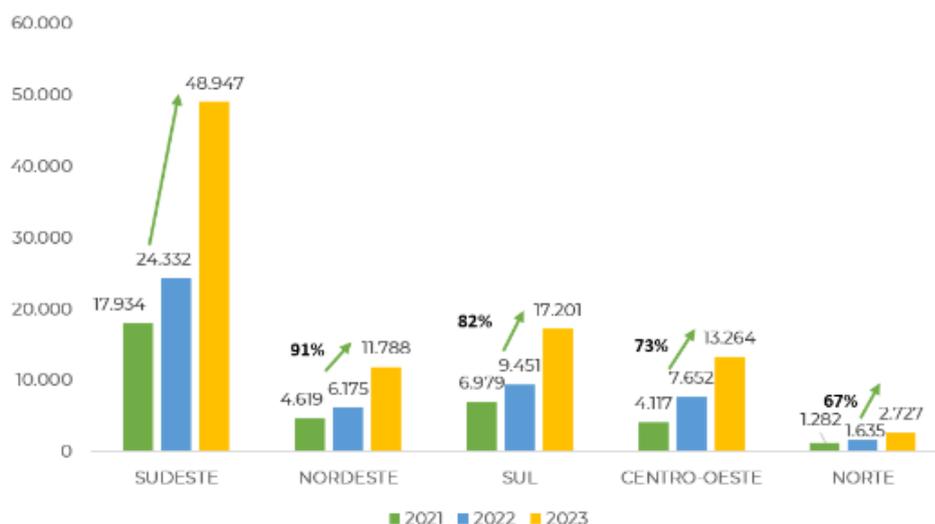
3 ANÁLISES E DISCUSSÕES

3.1 Panorama Brasileiro

Enquanto a China destaca-se como líder global na produção e venda de VEs, impulsionada por políticas de incentivos, e a Europa adota legislação para reduzir gradualmente as vendas de carros a combustão até 2035, o Brasil recentemente busca estimular sua indústria automotiva como um todo, considerando simultaneamente veículos elétricos e à combustão (Andrade, 2023). Segundo a Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE), em 2023, o Brasil testemunhou um significativo avanço na adoção de veículos leves eletrificados, com notável crescimento em todas as regiões. O Sudeste liderou com um aumento de 101%, seguido pelo Nordeste com 91% no ano de 2023. Oito estados tiveram aumentos superiores a 100%, indicando uma expansão além das áreas tradicionais. Cidades como Maceió, Fortaleza e Recife foram cruciais nesse avanço. As regiões Sul, Centro-Oeste e Norte também contribuíram, com crescimentos de 82%, 73% e 67%, respectivamente (Jordão; Kakuta, 2024).

Dessa forma, em 2023 foram vendidos 93.927 veículos leves eletrificados em todo o país, superando as previsões e refletindo um crescimento expressivo de 91% em relação a 2022. Dezembro de 2023 registrou um recorde mensal com 16.279 veículos vendidos, quase triplicando os números de dezembro de 2022. A Figura 6 ilustra o crescimento nas vendas de veículos leves eletrificados por região, abrangendo o período de 2021 a 2023 (Jordão; Kakuta, 2024). Embora a venda de VEs tenha crescido no Brasil, os incentivos ainda são modestos, e desafios como o preço elevado e a falta de uma política robusta persistem. Projetos de lei e propostas visam impulsionar a mobilidade elétrica, mas o país enfrenta obstáculos significativos (Andrade, 2023).

Figura 6: Evolução vendas VEs no Brasil



Fonte: ABVE, 2023.

3.2 Principais Políticas Públicas Brasileiras

A Resolução da Câmara de Comércio Exterior (CAMEX) nº 97, de outubro de 2015, que eliminou o imposto de importação de 35% sobre automóveis elétricos, foi um marco crucial na promoção da mobilidade elétrica no Brasil (BRASIL, 2015). Essa medida, complementada pela resolução nº 27 de março de 2016, que zerou as alíquotas para veículos de transporte de mercadorias elétricos, refletiu o compromisso do governo brasileiro com o estímulo aos VEs (BRASIL, 2016). Ao incentivar a importação, essas ações governamentais abriram caminhos para o crescimento do mercado de VEs no país, alinhando-se a tendências globais de sustentabilidade. Dessa forma, em 2018, o estado brasileiro, visando favorecer a promoção da produção local, estabeleceu normas para aquisição e contratação de bens, serviços e obras no âmbito da administração pública federal através do decreto nº 9.442/2018, que reduziu as alíquotas do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) para veículos equipados com motores híbridos e elétricos. Essa medida incentivou a utilização de tecnologias mais sustentáveis, alinhando-se com os esforços para a redução da emissão de poluentes veiculares e promoção da mobilidade elétrica (D'agosto et al., 2020).

Nesse contexto, percebe-se que as políticas voltadas para veículos e combustíveis de baixo impacto ambiental são de longas datas e fundamentais. No Brasil, destaca-se o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE). Inaugurado em 1986

e coordenado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), o PROCONVE tem por finalidade mitigar as emissões de poluentes atmosféricos e ruídos provenientes de veículos, embora não apresente limites para as emissões de CO₂ (Slowik et al., 2018). Paralelamente, o Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores (INOVAR-AUTO), implementado entre 2012 e 2017 visava incrementar a competitividade na indústria automotiva, incentivando a produção de veículos mais eficientes e avançados (Slowik et al., 2018). O PROCONVE e o Inovar Auto desempenharam papéis significativos na transição em direção a um transporte mais sustentável e limpo, especialmente porque um dos principais objetivos para promover a mobilidade elétrica é a redução das emissões de GEE. Embora não tenham sido especificamente focados na eletromobilidade, sua implementação representou um avanço significativo na busca por soluções mais sustentáveis no setor de transporte.

Diante do encerramento do Inovar Auto, emergiu a discussão sobre a nova política industrial denominada Rota 2030, estabelecendo diretrizes de longo prazo para o setor automobilístico. Apresentando o planejamento que norteará a evolução dos próximos 15 anos da indústria automotiva nacional em três ciclos quinquenais, o Programa Rota 2030, instituído em 2018 pelo Governo Federal e regulamentado mediante a Lei nº 13.755/2018, foi concebido com a finalidade primordial de ampliar a inserção global da indústria automotiva brasileira, fomentando a exportação de veículos e componentes automotivos (BRASIL, 2020). As metas delineadas pelo programa abrangeram a participação em programas de rotulagem veicular dedicados à eficiência energética e segurança, assegurando a inclusão de 100% dos modelos de veículos comercializados no território nacional. Adicionalmente, foram estabelecidas metas para incremento da eficiência energética, visando à redução do consumo médio de combustível de veículos novos em, no mínimo, 11% até o ano de 2022. Empresas elegíveis foram obrigadas a investir em pesquisa e desenvolvimento, variando de 0,25% a 1,20% da receita bruta total. Em contrapartida, essas empresas puderam deduzir parte do imposto de renda e da contribuição social sobre o lucro líquido. Conforme disposições da Medida Provisória nº 843/2018, esse benefício se traduziu em uma restituição variando entre 10,2% e 12,5% do valor dos investimentos realizados (BRASIL, 2020).

No segundo ciclo do Programa Rota 2030, em 30 de dezembro de 2023, o governo federal promulgou a Medida Provisória (MP) 1.205/2023, que estabelece o Programa Mobilidade Verde e Inovação (MOVER). Este novo programa tem como propósito impulsionar investimentos em eficiência energética, incorporando requisitos mínimos de reciclagem na produção de veículos e instituindo o IPI Verde, que reduzirá a carga tributária

para os veículos menos poluentes. A MP prevê um incentivo fiscal significativo para empresas que investirem em descarbonização e atenderem aos critérios obrigatórios do programa, totalizando R\$ 3,5 bilhões em 2024, R\$ 3,8 bilhões em 2025, R\$ 3,9 bilhões em 2026, R\$ 4 bilhões em 2027 e R\$ 4,1 bilhões em 2028. Em comparação, o incentivo médio anual no extinto Rota 2030, até 2022, foi de R\$ 1,7 bilhões. Esses valores serão convertidos em créditos financeiros, totalizando mais de R\$ 19 bilhões em incentivos ao final do programa (BRASIL, 2023).

Fomentar o crescimento do mercado emergente de veículos elétricos no Brasil requer, adicionalmente, o estabelecimento de uma infraestrutura pública de recarga rápida, promovendo a adoção da mobilidade elétrica em percursos de longa distância (Castro et al., 2020). Contudo, a construção de uma rede de carregamento para veículos elétricos não se resume apenas à instalação de estações de recarga, também abrange a implementação de sistemas que facilitem a conectividade e integração entre usuário, veículo e a rede elétrica (Santos; Grangeia, 2021). Destacando-se, nesse conjunto, o Programa Inova Energia de 2013, que desempenhou um papel relevante ao coordenar ações de fomento à inovação e a integrar instrumentos de apoio oferecidos pela Finep, BNDES e Aneel. Projetos de inovação pré-qualificados para receber apoio financeiro podiam contar com até 90% do financiamento total. Uma das linhas de financiamento específicas desse programa visava o desenvolvimento e a implementação de projetos-piloto de sistemas de recarga e abastecimento elétrico ou a hidrogênio, direcionados a veículos automotores com tração elétrica, contribuindo para impulsionar a integração e inovação nesse setor. Entretanto, a inexistência efetiva de projetos nessa área sugere a falta de condições que pudessem estimular ações nesse sentido na época. Isso indica que, naquele momento, as empresas não demonstravam um interesse concreto em desenvolver infraestrutura de recarga, mesmo considerando perspectivas de médio e longo prazo (Consoni, 2018).

Nessa direção, a ANEEL, com o objetivo de estabelecer um ambiente regulatório favorável para o desenvolvimento de infraestruturas de recarga, promoveu consultas públicas (Consoni, 2018). Assim, em junho de 2018, a resolução da ANEEL nº 819 representou um marco ao regulamentar o serviço de recarga de veículos elétricos, estabelecendo a competição nesse setor e desvinculando-o das práticas convencionais de comercialização de energia. A normativa permitiu a adoção de diversos modelos de negócios, incluindo a exploração comercial com preços flexíveis. Essa medida também facultou às distribuidoras a instalação de eletropostos para recarga pública. Essa iniciativa buscou reduzir a incerteza para investidores,

adotando uma abordagem de regulamentação mínima para evitar interferências na rede elétrica e impactos significativos nas tarifas para os consumidores (Consoni et al, 2022).

No cenário normativo, em 2013, a ABNT estabeleceu diretrizes por meio da norma NBR IEC 61851, que definia padrões para sistemas de recarga de veículos elétricos rodoviários. Essa norma, aplicável tanto a sistemas embarcados quanto não embarcados, abrangia tensões alternadas normalizadas até 1.000 V e tensões contínuas até 1.500 V. Além disso, especificava os requisitos para alimentação com energia elétrica aos serviços auxiliares do veículo durante a conexão à rede elétrica, quando necessário. Importante notar que atualmente, essa norma foi substituída pela NBR IEC 61851:2021, mantendo-se atualizada (ABNT, 2013). Em 2014, a ABNT avançou na homologação dos VEs ao introduzir a NBR IEC 62660:2014. Essa norma estabeleceu procedimentos de teste abrangentes específicos para baterias de íons de lítio em veículos elétricos. A norma foi estruturada em quatro partes distintas, cada uma dedicada a aspectos cruciais: desempenho e vida útil, confiabilidade e comportamento em condições adversas, critérios de segurança e dados de teste para avaliação de curto-circuito interno. Essa norma desempenhou um papel fundamental na asseguuração da eficácia, segurança e confiabilidade das baterias em diversas circunstâncias operacionais (D'agosto et al., 2020).

Dessa forma, ainda que existam políticas públicas no Brasil para ascensão da mobilidade elétrica, a adoção de VEs no país ainda é baixa, representando apenas 2,5% do mercado de automóveis em 2022. Embora tenha havido um crescimento significativo, o país ainda está consideravelmente atrás de outras nações citadas neste texto. Essa situação destaca a ausência de políticas robustas de apoio à tecnologia elétrica por parte do governo, apesar de incentivos anteriores (Andrade, 2023).

3.3 Análise Comparativa

As iniciativas identificadas por meio do mapeamento de políticas públicas internacionais apresentados no capítulo anterior, para Estados Unidos, Continente Europeu e China, destacam que o desenvolvimento e a disseminação dos VEs solicitam esforços significativos da esfera pública. Os países analisados evidenciam a importância da estruturação de políticas públicas fundamentais em três pilares: Programas e Incentivos, Normas e Regulamentações. De maneira semelhante à Tabela 2, a Tabela 3 sintetiza as principais

políticas públicas de estímulo à eletromobilidade implementadas no Brasil fundamentadas nesses pilares.

Quadro 3: Resumo Ações de Incentivos a Eletromobilidade - Brasil

Local	Tipo	Ação	Síntese	Ano	Referência
Brasil	Programas/ Incentivos	PROCONVE	Mitigar as emissões de poluentes atmosféricos e ruídos provenientes de veículos.	1986	(Slowik et al., 2018)
		INOVAR AUTO	Incremento à competitividade na indústria automotiva, incentivando a produção de veículos mais eficientes e avançados.	2012	(Slowik et al., 2018)
		Programa Inova Energia de 2013	Financiamento para implementação de projetos-piloto de sistemas de recarga e abastecimento elétrico ou a hidrogênio.	2013	(Consoni, 2018)
		Resolução CAMEX nº 97	Eliminou o imposto de importação de 35% sobre automóveis elétricos.	2015	(BRASIL, 2015)
		Resolução CAMEX nº 27	Zerou as alíquotas para veículos de transporte de mercadorias elétricos.	2016	(BRASIL, 2016)
		Decreto nº 9.442/2018.	Modificou as alíquotas do Imposto sobre IPI para veículos equipados com motores híbridos e elétricos.	2018	(D'agosto et al., 2020)
		Programa Rota 2030	Metas para incremento da eficiência energética, redução do consumo médio de combustível de veículos em no mínimo 11%.	2018	(BRASIL, 2020)
		MOVER	Impulsionar investimentos em eficiência energética, incorporando requisitos mínimos de reciclagem na produção de veículos e instituindo o IPI Verde.	2023	(BRASIL, 2023)

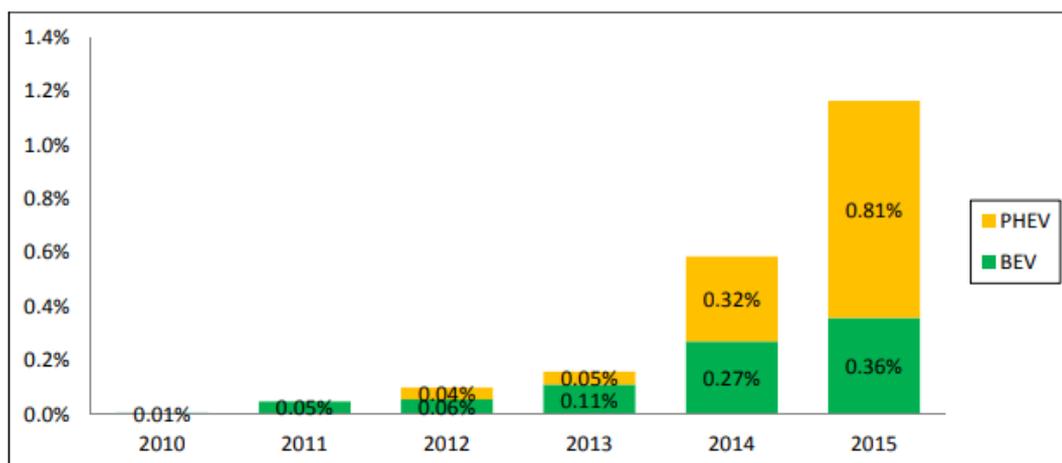
Continua.

Local	Tipo	Ação	Síntese	Ano	Referência
Brasil	Normas	NBR IEC 61851	Definiu modos de operação de recarga para sistemas de recarga de veículos elétricos.	2013	(ABNT, 2013)
		NBR IEC 62660:2014	Estabeleceu procedimentos de teste abrangentes específicos para baterias de íons de lítio em veículos elétricos.	2014	(D'agosto et al., 2020)
	Regulamentação	Resolução ANEEL nº 819	Estabeleceu a competição no setor de serviço de recarga, desvinculando-o das práticas convencionais de comercialização de energia.	2018	(Consoni et al., 2022)

Fonte: Siqueira, 2024.

Os Estados Unidos têm sido reconhecidos como um dos pioneiros na promoção da mobilidade elétrica, com a formulação de instrumentos de política já na década de 1990, por meio do programa ZEV. Conforme apontado pelo *California Economic Policy*, o primeiro resultado desse programa ocorreu durante o período de 1996 a 2003, com pouco mais de 4.400 BEVs efetivamente introduzidos na Califórnia (Hanak, 2007). Com objetivos semelhantes voltados para a descarbonização, o Reino Unido empreendeu os primeiros esforços para promover o acesso a veículos de baixa emissão por meio do programa *OLEV*. Assim como a iniciativa americana, a abordagem britânica também obteve resultados positivos, conforme destacado na Figura 8, extraída do relatório oficial do programa divulgado em 2015. Nesse documento, os veículos de baixa emissão registraram, pela primeira vez, uma participação de vendas superior a 1% no país já em 2015. Inicialmente, no início do programa, essa proporção era de apenas 0,01%. Evidentemente que esses números receberam colaborações de outros incentivos, como do *Plug-in Car Grant*, iniciado em 2011, que contribuiu inicialmente com descontos de 25% na compra de PHEV (OLEV, 2015).

Figura 7: Evolução VEs no Reino Unido (2010 – 2015)



Fonte: OLEV, 2015.

No Brasil, esse direcionamento pode ser comparado com o INOVA-AUTO, que visava aprimorar a eficiência energética dos veículos, com o objetivo de que, até o final de 2017, os veículos nacionais alcançassem uma melhoria de 12,08% em eficiência em relação ao início do programa. O programa culminou em 2017 com um aumento de 15,9% na eficiência energética da frota vendida pelas montadoras participantes (Automotive, 2023).

O artigo publicado em 2022 na Revista Brasileira de Inovação aponta que a política vigente no programa Inovar-Auto, não estabeleceu um percentual mínimo de veículos de emissão zero, como os ZEVs, nem ofereceu incentivos específicos para o avanço de tecnologias alternativas, como motores elétricos, híbridos e células de combustível. Essas lacunas representam obstáculos importantes para o desenvolvimento do mercado de VEs, dificultando a entrada de novos atores, a legitimação da tecnologia e a mobilização de recursos necessários. Como resultado, o programa Inovar-Auto não teve impacto significativo na produção, venda ou pesquisa relacionada a automóveis elétricos e híbridos, favorecendo ainda mais o domínio dos motores de combustão interna (Wolffenbüttel, 2022). Dessa forma, seu principal legado deixado para o programa que o substituiu, o Rota 2030, reside na significativa redução do consumo de combustível e das emissões de poluentes.

Após o fim do Inovar-Auto, a partir da introdução do programa Rota 2030, houve um notável avanço tecnológico nos carros vendidos no Brasil, com um aumento significativo no uso de turbocompressores e no sistema *start-stop*, além de um crescimento na venda de modelos híbridos, que antes representavam 0,1% das vendas e na data da publicação do balanço da *Brigth*, em novembro de 2022, os PHEV representavam 1,4% das vendas dos automóveis no Brasil (Autodata, 2022). Nessa circunstância, o Brasil está consideravelmente atrasado em

comparação com outros países, como os Estados Unidos e os países europeus, no que diz respeito à implementação de incentivos para ZEVs. Enquanto muitas nações têm implementado medidas para promover a transição para uma frota de veículos mais limpa e sustentável ao longo de décadas, o Brasil só começou a tomar medidas significativas nessa direção recentemente, com o lançamento do programa Rota 2030. Isso significa que o Brasil instituiu seu primeiro programa voltado para ZEVs aproximadamente 30 anos após o primeiro programa americano desse tipo.

Estimular mudanças e impulsionar setores específicos da economia por meio da oferta de subsídios é uma prática comum adotada por governos ao redor do mundo. Um exemplo notável dessa estratégia pode ser observado na promoção da mobilidade elétrica, onde países do continente europeu e a China têm implementado políticas de incentivo nesse sentido. Ao analisar os subsídios oferecidos por esses países resumidos na tabela 2, identifica-se duas abordagens principais: o apoio direto aos compradores de VEs e a variedade de iniciativas em múltiplas cidades. Na primeira abordagem destacam-se países do continente europeu, como Alemanha e França.

De acordo com o relatório anual da *HEV International Energy Agency* (2017), através do programa alemão *Umweltbonus*, que oferecia um bônus ambiental de 4.000 euros para BEVs e 3.000 euros para PHEVs, as vendas de BEVs aumentaram em 7,2%, enquanto as vendas de PHEVs aumentaram incríveis 113% em comparação com o ano anterior. Esses dados demonstram a eficácia em impulsionar a adoção de VEs com apoio direto aos compradores, eficácia que já tinha sido constatada no programa francês de bônus ecológico, de 2015, que seguia o mesmo modelo de incentivo do programa alemão. O resultado foi revelado no relatório anual *HEV International Energy Agency* (2016), onde o mercado de VEs francês de 2015 obteve um total de 22.187 registros, representando um aumento de 47,5% em relação ao ano anterior.

No contexto da segunda abordagem, que trata de incentivos a múltiplas cidades, destaca-se o programa chinês *Ten Cities, Thousand Vehicles* de 2009. Este programa selecionou dez cidades como modelos para impulsionar a eficiência energética e a adoção de veículos de energia limpa. Nas empresas de táxi e nos serviços públicos dessas cidades, foi solicitado que incorporassem veículos de combustíveis alternativos em suas frotas. Além disso, o governo ofereceu subsídios de compra de 50.000 yuanes para modelos PHEV e 60.000 yuanes para BEV fabricados por montadoras domésticas. Assim, impulsionada pelo programa, a produção de VEs na China aumentou significativamente, contribuindo com 23% e 44% da produção total de NEVs em 2010 e 2011, respectivamente (Gong; Wang, 2012).

Nesse contexto de subsídios, pode-se extrair da Tabela 3, três programas/incentivos brasileiros com abordagem semelhantes às citadas anteriormente. Dessa forma, incentivos como a resolução CAMEX nº 97/2015, a resolução CAMEX nº 27/2016 e o decreto nº 9.442/2018 constituem abordagens que colaboram diretamente com apoio direto aos compradores de VEs. Embora as resoluções CAMEX sejam relacionadas a políticas de comércio exterior, essas medidas impulsionaram o comércio de VEs no Brasil, uma vez que não se produziam veículos com essas características no Brasil. Segundo dados Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), de janeiro de 2017 até agosto de 2023, o Brasil registrou a importação de 62.340 VEs, resultando em um montante total de US\$ 619,15 milhões. Destaca-se que a partir de 2024 o imposto de importação voltou a ser incidido sobre os VEs (Nascimento, 2023).

Apesar de o Brasil ter instituído incentivos para aquisição de VEs de forma comparável a outras nações, é relevante ressaltar que as iniciativas da Alemanha e da França foram direcionadas, de maneira específica, para fomentar a preferência dos consumidores por VEs de fabricação nacional. Nesse sentido, torna-se evidente que os programas inicialmente implementados no Brasil não contemplaram a oferta de estímulos à produção local de VEs. Diante da sua incipiente experiência no segmento, o Brasil optou por oferecer incentivos mediante ajustes nas tarifas de importação. No entanto, conforme apurado, o país não dispõe de políticas voltadas para subsídios destinados a promover a mobilidade elétrica em diversas cidades ou ainda em cidades específicas, ao contrário de outras nações que iniciaram programas piloto em centros urbanos específicos, como o projeto chinês, citado anteriormente, *Ten Cities, Thousand Vehicles*. Um exemplo adicional relevante é o dos Estados Unidos, em que o programa teve início na Califórnia antes de se expandir para outras áreas do país. Essas discrepâncias mais uma vez evidenciam o atraso do Brasil em relação a outras nações no que concerne à promoção da mobilidade elétrica.

A infraestrutura de recarga desempenha um papel de extrema importância na fomentação da eletromobilidade, conferindo aos VEs uma alternativa mais viável, conveniente e ecologicamente sustentável para os consumidores. Além disso, ela exerce um impacto significativo no estímulo ao crescimento do mercado de VEs. Dada a sua relevância, diversos países têm implementado incentivos, normativas e regulamentações com o intuito de promover o desenvolvimento da eletromobilidade em âmbito nacional. Na presente conjuntura, merecem destaque os programas *EV Project*, dos Estados Unidos, e *Construction of New Energy Vehicle Charging Facilities*, da China, conforme evidenciado na Tabela 2.

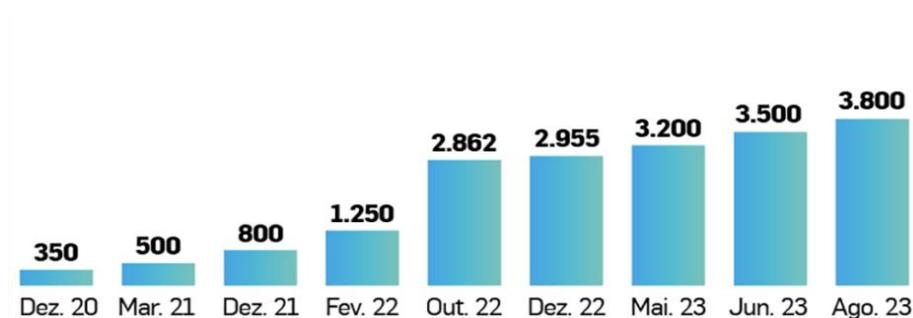
O *EV Project*, dotado de um investimento total de 230 milhões de dólares, foi concebido para a implantação de uma infraestrutura de carregamento abrangente, compreendendo mais de 10.000 estações destinadas ao carregamento em ambientes residenciais e comerciais, além da instalação de mais de 400 portas de carregamento rápido de CC. De acordo com os dados apresentados no relatório anual da *HEV International Energy Agency (2012)*, até o término de 2011, o projeto havia concluído a instalação de um total de 3.785 estações de carregamento, com a maioria delas localizada na Califórnia, representando um contingente de 1.786 unidades, o equivalente a 47% do total implantado. Esse dado evidencia o sucesso do programa americano quando se comparado ao número de postos de recarga no Brasil, conforme levantamento realizado por empresas associadas ao Grupo de Infraestrutura da ABVE, em agosto de 2023 havia 3.800 eletropostos no país (ABVE, 2023).

Os resultados destacados apenas ressaltam a ausência de iniciativas que incentivem ativamente a construção de eletropostos no Brasil. Conforme demonstrado na Tabela 3, o programa do governo brasileiro mais próximo desse objetivo foi o programa Inova Energia. Embora o programa não estivesse estritamente direcionado a projetos voltados para a infraestrutura de recarga de veículos elétricos, pois sua abrangência era mais ampla, e visava impulsionar a inovação e o progresso tecnológico em diversas áreas dentro do setor energético, conforme detalhado pela FINEP, entidade financiadora de estudos e projetos (FINEP, 2013). Apesar das dificuldades, há época, em determinar com precisão o número de pontos de recarga para VEs em todo o território brasileiro, a ABVE estimava a existência de apenas 80 eletropostos em 2018, cinco anos após a implementação do projeto Inova Energia (Tecnologia, 2018). Para ilustrar o quão alarmante eram esses números comparado com o cenário internacional, em 2018, conforme dados fornecidos pela Aliança para a Promoção da Infraestrutura de Carregamento de Veículos Elétricos da China, o país contava com um total de 446.000 pontos de carregamento implantados, motivados pelo programa chinês *Construction of New Energy Vehicle Charging Facilities* de 2014 (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2018).

A partir deste ano (2023), impulsionado pela regulamentação nº 819 da ANEEL, iniciou-se um modesto aumento, ao longo dos anos, na infraestrutura de recarga no Brasil como mostra a Figura 8. Esta regulamentação marcou um ponto de virada ao estabelecer um ambiente competitivo no setor de serviços de recarga de veículos elétricos, dissociando-o das práticas tradicionais de comercialização de energia. Sendo assim, empresas especializadas em fornecer pontos de recarga para VEs poderiam competir no mercado de forma independente, sem vínculos diretos com as distribuidoras de energia elétrica. Essa separação criou um cenário

mais dinâmico e competitivo, incentivando a expansão da infraestrutura de recarga e impulsionando a adoção de veículos elétricos em todo o Brasil (Consoni et al, 2022).

Figura 8: Evolução do número de Eletropostos instalados no Brasil desde dezembro de 2020



Fonte: ABVE, 2023.

A hesitação na evolução da instalação de eletropostos no Brasil pode ser atribuída, em parte, à falta de normas que padronizem o sistema. Um exemplo inspirador é a iniciativa da UE, que em 2014 promulgou a norma EN 62196–1, estabelecendo padrões para o sistema de recarga e os veículos elétricos correspondentes. Essa medida não apenas conferiu maior segurança jurídica aos investimentos na infraestrutura da mobilidade elétrica e da descarbonização, mas também proporcionou benefícios substanciais para a experiência dos motoristas de veículos elétricos, garantindo maior uniformidade e confiabilidade no momento da recarga (BRASIL, 2023).

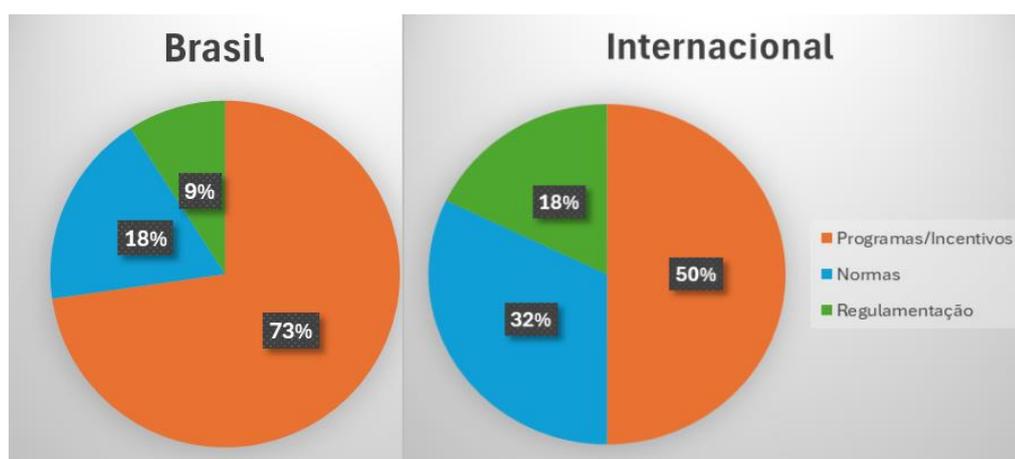
3.4 Desafios

Estudos que examinam experiências internacionais demonstram que a intervenção governamental, através da implementação de regulamentações para veículos e combustíveis, oferecimento de incentivos aos consumidores, estabelecimento de programas voltados para infraestrutura de recarga e planejamento urbano, desempenham um papel fundamental na superação de desafios como a disponibilidade de modelos, custos iniciais elevados, alcance da autonomia elétrica e preocupações relacionadas à ansiedade sobre a autonomia dos VEs (Slowik, 2018). Como exemplo, pode-se citar que, em decorrência das políticas públicas bem planejadas, a China representou aproximadamente 60% das vendas globais de carros elétricos em 2022. No mesmo ano, na Europa as vendas aumentaram em mais de 15%, e nos EUA, em 55%, com uma participação de 8% nas vendas globais. No Brasil, desafios como o custo inicial elevado, infraestrutura de recarga limitada e a necessidade de conscientização sobre os

benefícios da eletromobilidade ainda precisam ser melhor abordados e discutidos junto à sociedade brasileira. (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2023).

Contudo, as políticas públicas brasileiras destacadas neste documento que estão relacionadas à mobilidade elétrica estão, em geral, alinhadas com as práticas internacionais no que diz respeito à distribuição de recursos entre programas/incentivos, normas e regulamentações. Nesse sentido, os programas e incentivos desempenham um papel crucial como ponto de partida para impulsionar a adoção da eletromobilidade. Essa afirmação é respaldada pela Figura 9, que utiliza dados das Tabelas 2 e 3, os quais demonstram que esse elemento compreende cerca de 73% das políticas públicas no Brasil e 50% do panorama internacional. É relevante salientar que, apesar do Brasil contar com uma ampla gama de programas e incentivos, muitos deles, como o PROCONVE e o Inovar Auto, não priorizavam diretamente a promoção da eletromobilidade mas a redução de GEE.

Figura 9: Distribuição de Políticas Públicas



Fonte: Siqueira, 2024.

Analisando as ações de programas/incentivos do cenário internacional, percebe-se que 65% delas estão voltadas para incentivos à aquisição de veículos elétricos e à implantação de infraestrutura de recarga, como demonstrado na Figura 10. Esse dado revela o desafio que o Brasil deve enfrentar para o sucesso de seu plano de mobilidade elétrica.

Figura 10: Proporção Programas/Incentivos Internacionais

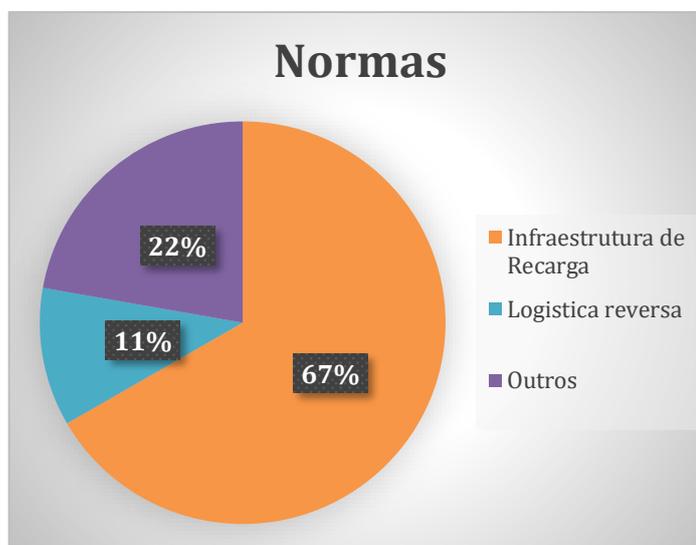


Fonte: Siqueira, 2024.

No que concerne às iniciativas destinadas a incentivar a construção de infraestrutura de recarga, o estudo revelou a escassez de políticas públicas suficientes para impulsionar significativamente a disponibilidade de pontos de carregamento no Brasil. O cenário se torna ainda mais desafiador, considerando que o projeto de lei nº65/2014, que propunha tornar obrigatória a instalação de pontos de recarga para VEs em vias públicas, residenciais e comerciais, acabou sendo arquivado (BRASIL, 2019). Por outro lado, o governo brasileiro tem adotado boas medidas que incentivam a aquisição de VEs, com subsídios financeiros por meio de isenção do imposto de importação para VEs. No entanto, é importante ressaltar que essa isenção foi revogada a partir do ano de 2024 por meio do programa MOVER. Portanto, destaca-se a importância da manutenção de ações que visem incentivar diretamente o consumidor na compra de VEs.

Quando se trata da implementação de normas para impulsionar a eletrificação veicular, é destacado na Figura 11 que, mais uma vez, no contexto internacional, as principais medidas neste documento estão voltadas para os pontos de carregamento de VEs. Essas ações têm como objetivo promover a padronização, trazendo benefícios significativos para a experiência dos condutores de VEs, a segurança durante o processo de recarga e a previsibilidade para os investimentos. Portanto, é fundamental que o Brasil estabeleça padrões para os pontos de carregamento, começando pela uniformização dos *plugs*. Essa abordagem está alinhada com a opinião da maioria dos associados da ABVE, que recomendam a adoção de um único padrão de recarga para o Brasil, com certificação do Inmetro e com o padrão tipo 2, atualmente presente em mais de 90% dos pontos de recarga no país (BRASIL, 2023).

Figura 11: Proporção Normas Internacionais



Fonte: Siqueira, 2024.

Quanto à regulamentação, o Brasil está alinhado com o cenário mundial, respaldado pela Resolução ANEEL nº 819, que estabeleceu a competição no setor de serviços de recarga, desvinculando-o das práticas convencionais de comercialização de energia. Para continuar nesse caminho, é importante que o Brasil crie novas regulamentações para o setor na direção de promover a expansão da infraestrutura de recarga, garantindo acesso equitativo e incentivando investimentos privados. Essas regulamentações devem também contemplar padrões de segurança, interoperabilidade e qualidade dos serviços oferecidos, visando atender às demandas dos usuários de veículos elétricos e impulsionar ainda mais a adoção dessa tecnologia no país. Na Tabela 4, encontramos um resumo das medidas propostas para impulsionar o processo de eletrificação de veículos no Brasil.

Tabela 4: Propostas para impulso da Eletromobilidade - Brasil

Local	Tipo	Medidas Propostas	Referência
Brasil	Programas/Incentivos	Manter esforços direcionados para encorajar os consumidores a adquirirem VEs através de apoio financeiro.	(Amps, 2021)
		Iniciativas de implantação de infraestrutura de carregamento para VEs em espaços públicos, residenciais e comerciais.	(Slowik et al., 2018)

Continua.

Local	Tipo	Medidas Propostas	Referência
Brasil	Normas	Implementação de um padrão unificado de carregamento para todo o Brasil, certificado pelo Inmetro.	(CÂMARA, 2023)
	Regulamentação	Diretrizes regulatórias que abrangem critérios de segurança, interoperabilidade e excelência nos serviços prestados.	(D'agosto et al., 2020)

Fonte: Siqueira, 2024.

Observa-se que os principais desafios do Brasil na promoção da eletromobilidade refletem as abordagens de maior impacto adotadas pelos EUA, China e Europa, as quais englobam incentivos, normas e regulamentações. Destaca-se que superar esses desafios requer ações decisivas, contínuas e crescentes por parte do governo, as quais têm sido deficientes por parte do governo brasileiro. Ao comparar os três últimos grandes programas brasileiros Inovar Auto, Rota 2030 e o atual MOVER, nota-se uma falta de consistência, especialmente no que diz respeito às tarifas do imposto de importação de veículos elétricos e biocombustíveis. Após a isenção no programa Rota 2030, o imposto de importação foi reintroduzido no programa Mover. Além disso, constata-se que o novo programa voltou a considerar os biocombustíveis como uma forma de transição para os VEs, visão que existia no Inovar Auto, mas foi abandonada no Rota 2030. Uma das medidas adotadas para isso é a medição do poço à roda, que avalia o impacto ambiental de um veículo desde a sua fabricação até o uso, favorecendo os carros movidos a etanol, que absorvem CO₂ durante o processo de cultivo da cana-de-açúcar.

4 CONCLUSÃO

Sem dúvida, a mobilidade elétrica emerge como uma resposta crucial aos desafios globais relacionados às mudanças climáticas e à necessidade imediata de reduzir as emissões de GEE. Ao longo das últimas décadas, a comunidade internacional tem se mobilizado para enfrentar essa questão, destacando a importância de transições sustentáveis no setor de transportes. Sendo assim, a mobilidade elétrica surgiu como uma alternativa promissora, capaz não apenas de reduzir as emissões de poluentes veiculares, mas também de impulsionar o desenvolvimento tecnológico e econômico.

No entanto, apesar do reconhecimento de sua importância, o Brasil enfrenta uma série de desafios em sua jornada em direção a uma matriz de transporte mais sustentável. Um dos principais obstáculos é a falta de políticas públicas consistentes e abrangentes voltadas para a promoção da mobilidade elétrica. Enquanto outros países têm implementado medidas agressivas, como subsídios para a compra de VEs e investimentos maciços em infraestrutura de recarga, o Brasil ainda está em estágios iniciais nesse processo. Isso resulta em um cenário em que a adoção de veículos elétricos permanece limitada, enquanto a dependência de combustíveis fósseis continua sendo predominante.

Além disso, a escassez de infraestrutura de recarga representa outro desafio significativo. A falta de eletropostos e pontos de carregamento rápido desencoraja os consumidores a adotarem VEs, devido à preocupação com a autonomia. Para avançar nesse aspecto, são necessários investimentos em larga escala na expansão da infraestrutura de recarga, bem como a implementação de políticas que incentivem a instalação de eletropostos em locais estratégicos.

Embora tenham sido adotadas algumas medidas positivas, como isenções fiscais para VEs, o país ainda carece de políticas públicas abrangentes e de apoio legislativo para impulsionar efetivamente a transição para VEs e a infraestrutura de recarga correspondente. A não aprovação de propostas importantes, como o projeto de lei nº65/2014, que visava tornar obrigatória a instalação de pontos de recarga, ressalta a necessidade urgente de um compromisso mais robusto por parte do governo e de todos os envolvidos no setor.

Para avançar de maneira significativa rumo a uma mobilidade mais sustentável e eficiente, é essencial promover uma abordagem colaborativa e integrada, envolvendo atores públicos e privados, além de investir em P&D de tecnologias relacionadas à eletromobilidade.

A implementação de estratégias abrangentes e a criação de um ambiente propício para a inovação e o investimento são passos cruciais para superar os desafios atuais e garantir um futuro mais promissor para a mobilidade elétrica no Brasil.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Rodrigo. **Os desafios para consolidação dos veículos elétricos no Brasil:**

Falta de apoio político sustentado, subsídios e incentivos públicos comprometem acesso da população a veículos elétricos no país. [S. l.], 5 jul. 2023. Disponível em:

<https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/360-os-desafios-para-consolidacao-dos-veiculos-eletricos-no-brasil>. Acesso em: 24 fev. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 62196:** Plugues, tomadas, tomadas, móveis para veículo elétrico e plugues fixos de veículos elétricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. Disponível em: <https://www.normas.com.br/autorizar/visualizacao-nbr/33232/identificar/visitante>. Acesso em: 4 fev. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 61851-1:2013:**

Sistema de recarga condutiva para veículos elétricos Parte 1: Requisitos gerais. Rio de

Janeiro: ABNT, 2013. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=Ym8xakxsaDk0ODQvUVhEa1d0cDF1UVhXeTEyeTgraXdSblNaL1hiN0VxTT0=#hide1>. Acesso em: 4 fev. 2024.

EUROPEAN AUTOMOBILE MANUFACTURERS ASSOCIATION. **Interactive map:**

Electric vehicle incentives per country in Europe. Bruxelas: ACEA, 2017. Disponível em:

<https://www.acea.auto/figure/interactive-map-electric-vehicle-incentives-per-country-in-europe-2017/>. Acesso em: 21 nov. 2023.

AGRAWA, Manas; RAJAPATEL, Mohammad. **Global Perspective on Electric Vehicle 2020.** International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), v. 9, 2020.

Disponível em:

<https://pdfs.semanticscholar.org/5ae2/6c9316455f2fcb1a291b4f14271674ba6633.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2023.

AUTODATA. **Montadoras Cumprem Metas do Rota 2030.** São Paulo, 17 nov. 2022.

Disponível em: <https://www.autodata.com.br/noticias/2022/11/17/montadoras-cumprem-metas-do-rota-2030-algumas-passam-rasgando-/48541/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

BISPO, Scarlett; CECHIN, Alícia. **Veículos elétricos: como a China está se preparando para se tornar a maior potência mundial do segmento?** IPEA, Brasília, p. 1-76, 1 ago. 2023.

Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/12293/1/TD_2906_Web.pdf. Acesso em: 14 nov. 2023.

BOCALON, Guilherme. **Eletrificação da frota, a sustentabilidade dos carros elétricos.** In: 11º Simpósio de Pós-Graduação IF SUL DE MINAS, Minas Gerais, p. 1-4, 1 ago. 2022.

Disponível em: <https://josif.ifsuldeminas.edu.br/ojs/index.php/anais/article/view/267/470>. Acesso em: 10 fev. 2024.

BRANDT, Ricardo. **Eletrificação da frota no Brasil patina, sem incentivo ou meta.** São Paulo, 2021. Disponível em: <https://mobilidade.estadao.com.br/inovacao/eletrificacao-da-frota-no-brasil-patina-sem-incentivo-ou-meta/>. Acesso em: 28 set. 2023.

BRASIL. Senado Federal. **Padronização das conexões de recarga de veículos elétricos no Brasil**: Audiência Pública. Brasília, 01 jan. 2024. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cdc/apresentacoes-em-eventos/apresentacoes-de-convidados-em-eventos-em-2023/padronizacao-das-conexoes-de-recarga-de-veiculos-eletricos-no-brasil/apresentacao-abve-1/view>. Acesso em: 21 fev. 2024.

BRASIL. Câmara de Comércio Exterior. **Resolução nº 27, de 24 de março de 2016**. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=28/03/2016&jornal=1&pagina=16&totalArquivos=140>. Acesso em: 02 fev. 2024.

BRASIL. Câmara de Comércio Exterior. **Resolução Nº 97, de 26 de outubro de 2015**. Disponível em: https://www.infoconsult.com.br/legislacao/resolucao_camex/2015/r_camex_97_2015.htm. Acesso em: 02 fev. 2024.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Estudo de Governança e Políticas Públicas para Veículos Elétricos**. 2018. Disponível em: <https://www.pnme.org.br/wp-content/uploads/2020/02/PROMOB-e-Estudo-de-Governanca.compressed.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2024.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **Rota 2030 - Mobilidade e Logística**. Brasília, 25 jun. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/setor-automotivo/rota-2030-mobilidade-e-logistica>. Acesso em: 31 jan. 2024.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **Mover: Programa de Mobilidade Verde**. Brasília, 30 dez. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2023/12/mover-novo-programa-amplia-acoes-para-mobilidade-verde-e-descarbonizacao>. Acesso em: 1 fev. 2024

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei da Câmara nº 65, de 2014**: Atividade Legislativa. Brasília, 21 jan. 2019. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/118247>. Acesso em: 21 fev. 2024.

CACHÃO, Diogo Filipe Busca. **Impacto técnico na ligação de carregadores de veículos elétricos às redes de distribuição em baixa tensão**. 2023. Dissertação (Mestrado em Energias Renováveis e Sistemas de Potência) - IPS - Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal, 2023.

CHAN, Ching Chuen. **The state of the art of electric and hybrid vehicles**. Proceedings of the IEEE, v. 90, n. 2, p. 247-275, 2002. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/989873>. Acesso em: 21 fev. 2024.

CASTRO, Bernardo Hauch Ribeiro de; FERREIRA, Tiago Toledo. **Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades**. BNDS, Rio de Janeiro, 2010.

CASTRO; GUIMARÃES; MASSENO; MOSCON. **Os Desafios da Criação de uma Infraestrutura de Carregamento para Veículos Elétricos no Brasil**. Texto GESEL. Rio de Janeiro 1 fev, 2020. E-book.

CHADEMO. **Chademo (long brochure) 2013**. [Online]. Disponível em: https://www.chademo.com/wp2016/wp-content/uploads/2013/09/20130925_brochure_long.pdf. Acesso em: 10 nov. 2023.

CONSONI, Flávia; RÉGIS, Marcus; BARASSA, Edgar. **O Brasil em direção ao mix de tecnologias para a descarbonização e digitalização dos transportes**. In: 2º Anuário Brasileiro da Mobilidade Elétrica, Brasília, 2022. Disponível em: <https://pnme.org.br/wp-content/uploads/2022/11/2o-Anuario-Brasileiro-de-Mobilidade-Eletrica.pdf>. Acesso em: 14 out. 2023.

CONSONI, Flávia; OLIVEIRA, Altair; BARASSA, Edgar; MARTÍNEZ, Jenyfeer. **Estudo de Governança e Políticas Públicas para Veículos Elétricos**. PROMOB, Brasília, p. 1-124, 1 fev. 2018. Disponível em: <https://www.pnme.org.br/wp-content/uploads/2020/02/PROMOB-e-Estudo-de-Governanca.compressed.pdf>. Acesso em: 15 out. 2023.

D'AGOSTO, Márcio de Almeida; GONÇALVES, Daniel Neves Schmitz; GOES, George Vasconcelos; BANDEIRA, Renata Albergaria de Mello; COSTA, Mariane Gonzalez da. **Normas e regulamentos para a mobilidade elétrica no enquadramento do Brasil**. PROMOB, Rio de Janeiro, p. 1-62, jul. 2020. Disponível em: <https://pnme.org.br/wp-content/uploads/2020/07/Normas-e-regulamentos-para-mobilidade-eletrica-no-enquadramento-do-Brasil-1.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2024.

DIAS, Fernanda. Mobilidade elétrica para o Brasil. PROMOB 2017-2021, Brasília, 2021. Disponível em: <https://pnme.org.br/wp-content/uploads/2021/09/PROMOB-e-FINAL-2017-2021-Port.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2024.

EPE. **Eletromobilidade e Biocombustíveis: Documento de Apoio ao PNE 2050**, 2018, Ministério de Minas e Energia, pp. 1-39. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-457/Eletromobilidade%20e%20Biocombustiveis.pdf>.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2032**. Eletromobilidade, Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2023/03/caderno-de-eletromobilidade-pde-2032.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2023.

GAO, Zhiming; LIN, Zhenhong; LACLAIR, Tim; LIU, Changzheng; LI, Jan-Mou. **Battery capacity and recharging needs for electric buses in city transit service**. An International Journal. Washington, p. 588-600, jan. 2017. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544217301081>. Acesso em: 6 fev. 2024.

GOMES, Alexandre. **A Economia Política da Política Industrial de Veículos Elétricos na China**. Sociedade Brasileira de Economia Política. [S. l.], p. 1-26, 1 dez. 2020. Disponível em: https://enep.sep.org.br/uploads/2029_1647124098_A_Economia_Pol%C3%A

Dtica_da_Pol%C3%ADtica_Industrial_de_ve%C3%ADculos_el%C3%A9tricos_na_China_-_autor_pdf_ide.pdf. Acesso em: 8 jan. 2024.

GONG, Huiming; Q. WANG. **New energy vehicles in China: policies, demonstration, and progress.** *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, [s. l.], p. 1-23, 1 jan. 2012. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/235723652_New_energy_vehicles_in_China_Policies_demonstration_and_progress/link/0912f512e30dd6b4dd000000/download?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19. Acesso em: 10 jan. 2024.

HANAK, Ellen. Learning from California's Zero-Emission Vehicle Program. **California Economic Policy**. California, p. 1-20, 4 set. 2007. Disponível em: https://www.ppic.org/wp-content/uploads/content/pubs/cep/EP_907LBEP.pdf. Acesso em: 6 fev. 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Hybrid and Electric Vehicles.** *In: Annual report of the Executive Committee and Task 1 over the year 2011, 2012*, [S.l.]. IEA, 2012.

Disponível em: https://ieahev.org/wp-content/uploads/2021/07/2012_annual_report-1.pdf. Acesso em: 4 dez. 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Accelerating ambitions despite the pandemic.**

In: Global EV Outlook, 2021, [S. l.]. IEA, 2021. Disponível em:

<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>. Acesso em: 4 dez. 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Catching up with climate ambitions.** *In: Global EV Outlook, 2023*, [S. l.]. IEA, 2023. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023/executive-summary>. Acesso em: 21 ago. 2023.

INOVA. **Energia, 2013.** Disponível em: <http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/historico-de-programa/programas-inova/inova-energia>. Acesso em: 19 fev. 2024.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 61851: Electric Vehicle Conductive Charging System.** [S. l.]: IEC, 2010. Disponível em:

<https://researchportal.vub.be/en/publications/iec-61851-1-electric-vehicle-conductive-charging-system-part-1-ge>. Acesso em: 21 ago. 2023.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 62196: Plugs, Sockets Outlets, Vehicle Coupler and Vehicles Inlets - Conductive Charging of Electric Vehicles.** [S. l.]: IEC, 2011. Disponível em: https://webstore.iec.ch/p-preview/info_iec62196-1%7Bed2.0%7Db.pdf. Acesso em: 21 ago. 2023.

Acesso em: 21 ago. 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Technology Collaboration Programme on Hybrid and Electric Vehicles (HEV TCP): The Electric Drive Chauffeurs.** HEV TCP annual report. [S. l.]: IEA, 2017. Disponível em: https://ieahev.org/wp-content/themes/newTheme/assets/pdfs/2017_annual_report.pdf. Acesso em: 21 dez. 2023.

Acesso em: 21 dez. 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Technology Collaboration Programme on Hybrid and Electric Vehicles (HEV TCP): The Electric Drive Commutes.** HEV TCP annual report. [S. l.]: IEA, 2016. Disponível em: https://ieahev.org/wp-content/uploads/2021/07/2016_annual_report-1.pdf. Acesso em: 21 dez. 2023.

Acesso em: 21 dez. 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Technology Collaboration Programme on Hybrid and Electric Vehicles (HEV TCP):** The Electric Captures Automates HEV TCP annual report. [S. l.]: IEA, 2018. Disponível em: https://ieahev.org/wp-content/uploads/2021/07/2018_annual_report-1.pdf. Acesso em: 22 dez. 2023.

INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **O 14º Plano Quinquenal Chinês:** transformando a China em potência industrial e tecnológica. Edição 1094. [S. l.], IEDI, 16 jul. 2021. Disponível em: https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_1094.html. Acesso em: 24 fev. 2024.

LEURENT, Fabien; WINDISCH, Elisabeth. **Triggering the development of electric mobility:** a review of public policies. Laboratory City Mobility Transport, [S. l.], p. 1-15, 24 nov. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12544-011-0064-3>. Acesso em: 08 jan. 2024.

LIMA, Gregório Costa Luz de Souza. **Perspectivas para o desenvolvimento da eletrificação dos transportes.** Gramado, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/330397269_Perspectivas_para_o_Developmento_da_Eletrificacao_dos_Transportes. Acesso em: 22 dez. 2023.

MATSUBARA, Vitor. **Inovar-Auto:** o legado deixado pelo regime que faz 10 anos. [S. l.], 17 jan. 2023. Disponível em: <https://automotivebusiness.com.br/pt/posts/setor-automotivo/innovar-auto-regime-automotivo-10-anos/#:~:text=Vitor%20Matsubara&text=O%20regime%20foi%20criado%20com,a%20competitividade%20da%20ind%C3%BAstria%20nacional.>. Acesso em: 6 fev. 2024.

MOCK, Peter. **EU CO2 emission standards for passenger cars and light-commercial vehicles.** International Council on Clean Transportation. Berlin, 2014. Disponível em: https://theicct.org/sites/default/files/publications/EU-LCV-CO2-2030_ICCTupdate_201901.pdf. Acesso em: 21 nov. 2023.

MOCK, Peter. **2020–2030 CO2 standards for new cars and light-commercial vehicles in the European Union.** International Council on Clean Transportation. Berlin, 2017. Disponível em: https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/ICCT_Post-2020-CO2-stds-EU_briefing_20171026_rev20171129.pdf. Acesso em: 21 nov. 2023.

NAÇÕES UNIDAS. **Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática.** Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-08/Acordo-de-Paris.pdf>. Acesso em: 21 de agosto de 2023.

NAÇÕES UNIDAS. **Conferência 2 a 15 de dezembro de 2018. Katowice, Polônia.** Disponível em: <https://unfccc.int/katowice>. Acesso em: 21 de agosto de 2023.

NASCIMENTO, Houldine. 51,5% dos carros elétricos importados pelo Brasil são da China. [S. l.], 11 set. 2023. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/economia/515-dos-carros-eletricos-importados-pelo-brasil-sao-da-china/>. Acesso em: 18 fev. 2024.

NEOCHARGE. **Tipos de plugues e tomadas para carros elétricos.** [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carregador-carro-eletrico/tipo-conector-veiculo-eletrico>. Acesso em: 14 nov. 2023.

OFFICE FOR LOW EMISSION VEHICLES. **Low-emission vehicles eligible for a plugin grant.** OLEV, 2018. Disponível em: <https://www.gov.uk/plug-in-vehicle-grants/vans>. Acesso em: 21 nov. 2023.

OFFICE FOR LOW EMISSION VEHICLES. **Uptake of Ultra Low Emission Vehicles in the UK.** OLEV, p. 1-68, 31 ago. 2015. Disponível em: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a81532b40f0b62305b8e575/uptake-of-ulev-uk.pdf>. Acesso em: 6 fev. 2024.

RAMOS, Felipe. **Os veículos elétricos e os principais fatores condicionantes de políticas de estímulo à eletromobilidade.** Monografia (Graduação) - UNICAMP, Campinas, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/1088859>. Acesso em: 11 nov. 2023.

SANTOS, Luan; GRANGEIA, Carolina. **Experiências Internacionais em Mobilidade Elétrica.** Texto GESEL, Rio de Janeiro, p. 1-75, 11 ago. 2021. Disponível em: https://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/14_santos_TDSE_102_2021_08_11.pdf. Acesso em: 1 nov. 2023.

SUBSÍDIOS para a compra de carros elétricos e carregadores de carros elétricos na Europa: Guia completo para particulares e empresas. Charge Amps, Estocolmo, 2021. Disponível em: <https://www.chargeamps.com/pt/subsidios/>. Acesso em: 1 dez. 2023.

SLOWIK, Peter; ARAUJO, Carmen; DALLMANN, Tim; FAÇANHA, Cristiano. **Avaliação Internacional de Políticas Públicas para Eletromobilidade em Frotas Urbanas.** PROMOB, Brasília, p. 1-93, 1 nov. 2018. Disponível em: https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/ICCT_Brazil-Electromobility-PT-20122018.pdf. Acesso em 1 dez. 2023.

UDAETA, Miguel Edgar Morales; CHAUD, Carolina Attas; GIMENES, André Luiz Veiga; GALVAO, Luiz Claudio Ribeiro. **Electric Vehicles Analysis inside Electric Mobility Looking for Energy Efficient and Sustainable Metropolis.** Open Journal of Energy Efficiency, São Paulo, 2015. Disponível em: https://www.scirp.org/html/1-2650082_54339.htm. Acesso em: 15 jan. 2024.

VONBUN, Christian. **Impactos ambientais e econômicos dos veículos elétricos e híbridos plug-in:** Uma revisão da literatura. Texto para Discussão, No. 2123, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, 2015. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5328/1/td_2123.pdf. Acesso em: 22 dez. 2023.

WOLFFENBÜTTEL, Rodrigo Foresta. **Políticas setoriais e inovação:** entraves e incentivos ao automóvel elétrico no Brasil. *In:* Revista Brasileira de Inovação, Porto Alegre, p. 1-34, 16 set. 2022. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8665264>. Acesso em: 02 fev. 2024.

YILMAZ, Murat; T. KREIN, Philip. Review of Battery Charger Topologies, Charging Power Levels, and Infrastructure for Plug-In Electric and Hybrid Vehicles. IEEE transactions on power electronics, [s. l.], p. 2151-2169, 5 maio 2012. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6280677>. Acesso em: 05 jan. 2024.