



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JHENNEFE NEVES MEDEIROS
LARA ROSA CARVALHO CAMPELO

EVOLUÇÃO DA FROTA E DESAFIOS PARA UTILIZAÇÃO
DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NA CIDADE DE SÃO LUÍS-MA

SÃO LUÍS

2025

JHENNEFE NEVES MEDEIROS
LARA ROSA CARVALHO CAMPELO

**EVOLUÇÃO DA FROTA E DESAFIOS PARA UTILIZAÇÃO
DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NA CIDADE DE SÃO LUÍS-MA**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado à banca de defesa do Curso de Graduação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão para obtenção do grau de Bacharela em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Ana Beatriz Pereira Segadilha dos Santos

SÃO LUÍS
2025

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Medeiros, Jhennefe Neves; Campelo, Lara Rosa Carvalho . Evolução da frota e desafios para utilização de veículos elétricos na cidade de São Luís- MA / Jhennefe Neves; Campelo, Lara Rosa Carvalho Medeiros. - 2025.

55 p.

Orientador(a): Ana Beatriz Pereira Segadilha dos Santos.

Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2025.

1. Mobilidade Elétrica. 2. Infraestrutura de Recarga. 3. Sustentabilidade. 4. Veículos Elétricos. I. Santos, Ana Beatriz Pereira Segadilha dos. II. Título.

JHENNEFE NEVES MEDEIROS
LARA ROSA CARVALHO CAMPELO

**EVOLUÇÃO DA FROTA E DESAFIOS PARA UTILIZAÇÃO
DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NA CIDADE DE SÃO LUÍS-MA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca de defesa do Curso
de Graduação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão.

Aprovado em: 26 de fevereiro de 2025 Nota: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Ana Beatriz Pereira Segadilha dos Santos
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Lineker Souza de Moura
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Paulo Cesar de Oliveira Queiroz
Universidade Federal do Maranhão

AGRADECIMENTOS

A Prof.^a Ana Beatriz Pereira Segadilha dos Santos pela disponibilidade e orientação ao longo deste trabalho e ao Prof^o Lyneker Souza de Moura pelo incentivo e primeiras orientações.

A nossa família por toda a força e motivação.

E aos nossos amigos, pelo apoio incondicional.

RESUMO

O avanço da mobilidade elétrica tem sido uma das principais estratégias globais para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e promover a sustentabilidade no setor de transportes. O presente estudo tem como objetivo analisar a evolução da frota de veículos elétricos (VEs) em São Luís-MA, identificando os desafios e oportunidades relacionados à infraestrutura de recarga, comparando o cenário local com outras cidades brasileiras. Para tanto, foram utilizados dados secundários obtidos junto ao Departamento Estadual de Trânsito do Maranhão (Detran-MA), além de informações de plataformas especializadas, como o aplicativo PlugShare. Os resultados indicam um crescimento expressivo da frota de veículos eletrificados na cidade, especialmente a partir de 2023, impulsionado pelo aumento da oferta de modelos híbridos e elétricos no mercado nacional e pela ampliação dos eletropostos. No entanto, ainda há entraves para a consolidação da eletromobilidade na região, como a limitação da infraestrutura de recarga e a falta de incentivos fiscais mais robustos. A comparação com outras capitais demonstra que cidades como São Paulo e Curitiba apresentam maior avanço na mobilidade elétrica, devido a políticas públicas mais estruturadas e incentivos financeiros significativos. Conclui-se que a adoção dos VEs em São Luís depende de melhorias na infraestrutura, regulamentação mais eficiente e maior incentivo governamental, a fim de viabilizar uma transição sustentável para uma matriz de transporte de baixo carbono.

Palavras-chave: Mobilidade elétrica. Infraestrutura de recarga. Sustentabilidade. Veículos elétricos.

ABSTRACT

The advancement of electric mobility has been one of the main global strategies to reduce greenhouse gas emissions and promote sustainability in the transport sector. This study aims to analyze the evolution of the electric vehicle (EV) fleet in São Luís-MA, identifying challenges and opportunities related to charging infrastructure and comparing the local scenario with other Brazilian cities. To this end, secondary data were collected from the Maranhão State Department of Transit (Detran-MA), as well as information from specialized platforms such as the PlugShare application. The results indicate a significant growth in the number of electrified vehicles in the city, especially from 2023 onwards, driven by the increased availability of hybrid and electric models in the national market and the expansion of charging stations. However, obstacles still hinder the widespread adoption of EVs in the region, such as limited charging infrastructure and the lack of stronger tax incentives. The comparison with other capitals shows that cities like São Paulo and Curitiba are more advanced in electric mobility due to well-structured public policies and significant financial incentives. It is concluded that the adoption of EVs in São Luís depends on improvements in infrastructure, more effective regulation, and increased governmental support to enable a sustainable transition to a low-carbon transport matrix.

Keywords: Electric mobility. Charging infrastructure. Sustainability. Electric vehicles.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Triciclo de Gustave Truvé.....	15
Figura 2: Veículos fabricados pela Gurgel Motores.....	17
Figura 3: Diferença no interior dos tipos de veículos elétricos.....	18
Figura 4: Configuração das baterias.....	20
Figura 5: Produção de energia elétrica 2022.....	23
Figura 6: Oferta interna de energia 2022.....	23
Figura 7: Média anual de irradiação solar no Brasil.....	24
Figura 8: Crescimento da energia solar.....	25
Figura 9: Estação de Carregamento do Parque do Rangedor.....	27
Figura 10: Principais tipos de conectores.....	28
Figura 11: Eletropostos disponíveis no Brasil.....	32
Figura 12: Eletropostos disponíveis na cidade de São Paulo (esquerda) e Curitiba (direita).....	32
Figura 13: Eletroposto do Parque do Rangedor- Primeiro do Maranhão.....	33
Figura 14: Eletroposto do São Luís Shopping- Rota do Sol.....	34
Figura 15: Fluxograma- Coleta de dados (Site do Detran)	39
Figura 16: Eletropostos disponíveis na cidade de São Luís-MA.....	43
Figura 17: Eletroposto do Shopping da Ilha.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tipos de conectores disponíveis e Capacidade máxima de veículos elétricos nos eletropostos de São Luís.....	45
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Evolução da frota de Veículos Elétricos/Híbridos em São Luís-MA.....	41
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Considerações Iniciais	11
1.2. Justificativa	13
1.3. Objetivos	14
1.3.1. Objetivo Geral	14
1.3.2. Objetivos Específicos	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1. Veículos Elétricos: uma breve história	14
2.1.1. Ascensão e declínio da frota	15
2.2. Tipos de veículos elétricos	17
2.2.1. Veículo Elétrico a Bateria- VEB	18
2.2.2. Veículo Elétrico Híbrido- VEH	18
2.2.3. Veículo Elétrico Híbrido de Plug-in- VEHP	19
2.3. Tipos de Baterias	19
2.3.1. Chumbo-Ácido	20
2.3.2. Níquel- Hidreto Metálico	20
2.3.3. Sódio	21
2.3.4. Íon-Lítio	21
2.4. Matriz Energética	21
2.4.1. Fontes atuais de abastecimento	21
2.4.2. Energia solar e fontes renováveis	24
2.5. Estações de Recarga	25
2.5.1. Classificação dos postos de recarga	26
2.5.2. Tipos de Conectores	26
2.6. Tempo de Carregamento	28
2.6.1. Fatores que influenciam no tempo de carregamento de veículos elétricos	28
2.6.1.1. Capacidade da bateria	28
2.6.1.2. Estado de carga inicial	29
2.6.1.3. Tipo de carregador e infraestrutura elétrica	29
2.6.1.4. Potência disponível na rede elétrica	29
2.6.2. Como calcular o tempo de carregamento do VE	29
2.7. Mobilidade Elétrica	30
2.7.1. Infraestrutura no Brasil	30
2.7.1.1. Infraestrutura em São Luís-MA	33

2.8.	Legislação e Incentivos Fiscais para carros elétricos	34
2.9.	Vantagens e desvantagens de aquisição	36
2.9.1.	Vantagens à adoção do VE.....	36
2.9.2.	Barreiras à adoção do VE	37
3.	METODOLOGIA	39
3.1.	Evolução da frota	39
3.2.	Infraestrutura da cidade - Atual cenário	39
3.3.	Comparativo entre a frota e infraestrutura de São Luís com a de outras cidades	40
4.	RESULTADOS.....	40
4.1.	Evolução da frota	40
4.1.1.	Tendências e impactos futuros.....	42
4.2.	Infraestrutura da cidade - Atual cenário	43
4.2.1.	Análise da Infraestrutura de Carregamento de Veículos Elétricos em São Luís	45
4.3.	Comparativo entre a frota e infraestrutura de São Luís com a de outras cidades	47
5.	CONCLUSÃO	49
6.	REFERÊNCIAS	51

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Iniciais

Os veículos elétricos (VEs) e os híbridos, apesar de constantemente passarem por atualizações ou inovações tecnológicas, ao contrário do que a grande maioria das pessoas pensam, na verdade são invenções antigas que ao longo do século XX foram superadas pelos veículos movidos a combustão convencionais, mas que atualmente voltam a ganhar grande notoriedade em virtude de causas como sustentabilidade, esgotamento de fontes de combustíveis fósseis e desenvolvimento tecnológico (LIMA, 2023).

Grandes potências mundiais como por exemplo o Japão possui uma enorme dependência de petróleo importado por não contar com fontes em território próprio para suprir a demanda do setor de transportes, visto que é o setor da economia que mais consome petróleo em todo o mundo. Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA) (2021) além do setor de transportes ter a maior dependência de combustíveis fósseis em meio a qualquer outro setor, ele também foi responsável pela emissão de 37% do CO₂ produzido em 2021.

A emissão de gases de efeito estufa (GEE) pode se configurar como uma das maiores motivações governamentais para incentivar a sociedade a considerar a aquisição de veículos elétricos. Apesar da baixa da emissão de GEE durante a pandemia do Covid-19 como consequência da redução da mobilidade urbana e da atividade industrial (LEWIS, 2020), já era previsto que ela aumentaria gradativamente junto com a demanda do setor de transportes devido a flexibilização das quarentenas e o encerramento de medidas mais drásticas como o lockdown. Com isso, os benefícios sentidos durante a pandemia com relação a redução da taxa de emissão CO₂ encorajam o governo e setores privados a requerer políticas públicas que possam contribuir para manter os níveis de poluição mais baixos.

Portanto, a mobilidade elétrica desempenha um papel importante no desenvolvimento sustentável, contribuindo para combater as mudanças climáticas ao reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Além disso, ela promove o uso de energias renováveis e melhora a qualidade de vida. Essa transição para a mobilidade elétrica também oferece diversas oportunidades para o desenvolvimento econômico e exploração de novos setores.

No contexto brasileiro, a energia elétrica desempenha um papel essencial na sociedade e é indispensável para o desenvolvimento socioeconômico do país. Ela está presente em diversos setores econômicos, como transporte, indústria, agropecuária e serviços. No Brasil, a principal fonte de geração de energia elétrica provém de usinas hidrelétricas, seguida pelas usinas termelétricas que utilizam gás natural, carvão mineral ou combustíveis fósseis. Além disso, o país conta com usinas de biomassa, energia eólica, energia nuclear, energia solar e importar energia de outros países (LIMA, 2023).

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2022), a matriz energética do Brasil foi composta por 47,4% de fontes renováveis e 52,7% de fontes não renováveis. No cenário global, a participação das fontes renováveis foi significativamente menor, representando apenas 14,3%, enquanto as fontes não renováveis corresponderam a 85,7%. Esses dados destacam a posição do Brasil como um dos países com maior participação de energias renováveis no mundo. Isso é ótimo para o Brasil, pois além de possuírem menores custos de operação, as usinas que geram energia a partir de fontes renováveis em geral emitem bem menos gases de efeito estufa.

Essa diversificação das fontes de energia elétrica contribui para a sustentabilidade energética do país, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e promovendo a transição para uma matriz energética mais limpa e renovável.

Um exemplo promissor é a infraestrutura dos eletropostos, onde os veículos elétricos podem ser recarregados. Esses eletropostos podem ser alimentados tanto pela rede de distribuição de energia elétrica quanto por soluções como a instalação de placas fotovoltaicas para geração solar. Esse sistema sustentável e eficiente é fundamental para impulsionar a adoção em larga escala dos veículos elétricos.

Porém, infelizmente, no Brasil as políticas públicas de incentivo estão pouco alinhadas com o desejo de expansão das frotas de veículos elétricos. Isso resulta em uma transição lenta, pois não há apoio governamental necessário para investir na modernização e contribuir para a sustentabilidade (SILVA, 2022).

Dessa forma, considerando as questões de sustentabilidade, economia e o crescente avanço tecnológico, o VE se tornou o centro das atenções de consumidores no mundo inteiro, ainda que no Brasil a infraestrutura para esse tipo de transporte seja bastante limitada, em razão da necessidade de levar em conta a dependência de energia elétrica e a carência de postos de recarga para que haja uma maior motivação na introdução do VE no mercado brasileiro. Portanto, a implementação e padronização de postos para esse fim, com procedimentos e políticas regulamentadoras quanto aos

horários de recarga, regras de acesso e comercialização é um grande desafio, visto que ainda não há infraestrutura concreta para o abastecimento de veículos elétricos, pois ela deve ser suficiente e proporcional à sua oferta no mercado.

No ano de 2022, o Brasil atingiu o marco de 49.245 veículos eletrificados emplacados, reforçando a tendência de crescimento do setor (ABVE, 2023). Esse avanço está ligado ao aumento da oferta de modelos no mercado, ao desenvolvimento da infraestrutura de recarga e a uma maior conscientização sobre sustentabilidade. No entanto, desafios como o alto custo dos veículos e a necessidade de mais incentivos governamentais ainda limitam uma adoção em maior escala no país.

No Brasil, questões como preço dos veículos, infraestrutura de recarga e regulação energética são relevantes para a adoção dos veículos elétricos. Segundo LIMA (2023) a eletrificação da frota deve começar com veículos híbridos. A falta de infraestrutura específica para carregamento requer a implantação de postos de recarga padronizados. A regulação deve acompanhar o crescimento dos VEs, estabelecendo limites de recarga, regras de acesso e políticas para o comércio de energia. Políticas públicas e incentivos podem reduzir os custos e tornar os VEs mais acessíveis. Superar esses desafios permitirá ao Brasil colher os benefícios da mobilidade elétrica em termos ambientais e econômicos.

1.2. Justificativa

No Brasil, o modal rodoviário representa o maior percentual na movimentação de cargas e pessoas no país, registrando 65%, da participação na infraestrutura do país, segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT) (2023). Diante dessa participação expressiva dos veículos e da alta capacidade de emissão de gases pelo setor, a temática de veículos elétricos aparece como uma alternativa para redução da poluição com a proposta de eletrificar a frota com veículos mais limpos. Essa temática ressurgiu mobilizando algumas empresas a retomarem a produção e buscar formas de solucionar os problemas que pararam essa indústria.

Com isso, a crise ambiental global tem intensificado a busca por alternativas sustentáveis em diversas áreas, incluindo o transporte. Veículos elétricos (VEs) emergem como uma solução viável para mitigar impactos ambientais, reduzir emissões de gases do efeito estufa e minimizar a dependência de combustíveis fósseis (WRI BRASIL, 2023). No Brasil, embora o mercado de veículos elétricos esteja em ascensão, regiões como o

Nordeste enfrentam desafios significativos, especialmente em cidades como São Luís do Maranhão.

Muitas capitais nordestinas possuem características que favorecem a implementação de tecnologias sustentáveis no transporte, mas apesar de receberem iniciativas nacionais para promover a mobilidade elétrica, a adesão em cidades do Norte e Nordeste brasileiro permanece limitada, enfrentando entraves como a pouca infraestrutura de recarga e a baixa conscientização pública (ESTADÃO, 2023). Dessa forma, este trabalho busca compreender o avanço da frota de veículos elétricos na cidade, identificando barreiras e oportunidades para sua consolidação.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

Analisar a evolução da frota de VE em São Luís- MA e entender os desafios para eletrificação da frota no município.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Quantificar a atual frota de veículos elétricos e híbridos na cidade;
- Identificar os desafios enfrentados no dia a dia do uso dos VEs pela cidade com relação à infraestrutura;
- Fazer um comparativo entre São Luís e outras cidades em relação a evolução da frota e infraestrutura disponível para os VEs;
- Apontar soluções que devem ser consideradas para que São Luís acompanhe o crescimento da frota.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

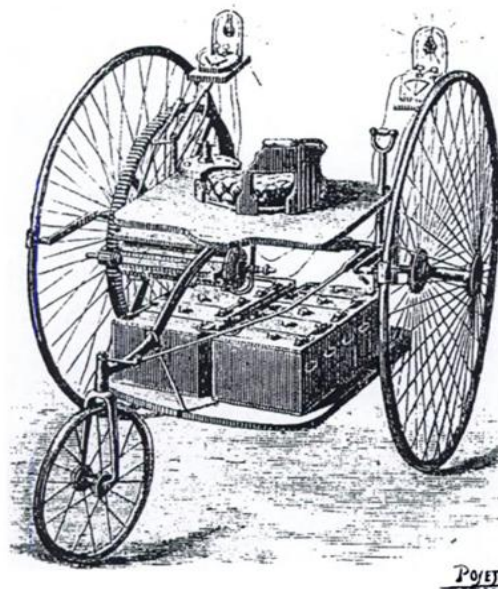
2.1. Veículos Elétricos: uma breve história

Hoyer (2008) afirma que a história dos carros elétricos está intimamente relacionada com a história das baterias. Segundo Renato et al. Gaston Planté, em 1859, realizou a demonstração da primeira bateria de chumbo ácido, que foi a primeira bateria recarregável amplamente utilizada em carros elétricos em países como França, USA e Reino Unido. Desde então, vários modelos surgiram utilizando também células químicas, até 1861, quando Antônio Pacinotti inventou o motor elétrico de corrente contínua.

Em 1885, Benz demonstrou o primeiro motor a combustão. Em 1901, Thomas Edison desenvolveu a bateria de níquel-ferro, com potencial de armazenamento de 40% maior que a de chumbo -ácido, porém com o custo de produção muito elevado (HOYER, 2008). Os outros modelos inventados nesse período, eram apenas experimentais, visto que não havia infraestrutura nas cidades e oferta em massa de energia elétrica para fomentar a produção desses carros.

A figura 1 mostra o primeiro veículo eletrificado com motorista que saiu nas ruas: o Triciclo de Gustave Trouv  s, exibido em uma feira em 1881. Em 1898, a Porsche P1 foi desenvolvida dos Ferdinand Porsche (WESTBROOK, 2021).

Figura 1 – Triciclo de Gustave Truv  .



Fonte: Westbrook (2001).

No final do século XIX, além das baterias, outros dois componentes foram criados, melhorando o desempenho dos carros elétricos: A frenagem regenerativa, que permite a recupera  o de energia durante a desacelera  o do veículo, e o sistema híbrido, que combina um motor elétrico com um motor a combustão. Na virada do século, já existiam carros que concorriam entre si, com 3 modelos de propulsão diferentes: eletricidade, a vapor e a gasolina (BARAN, 2012).

2.1.1. Ascensão e declínio da frota

De acordo com Ferreira (2022), os anos 1880 até 1920 marcaram a maior frota de carros elétricos na história desde seu invento, apelidado de idade de ouro, onde foram realizados os maiores avanços em rela  o a desenvolvimento até os dias atuais. A França

foi a líder inicial na produção de carros elétricos com aproximadamente 5600 veículos e 265 postos de recarga. Nova York com cerca de 4000 veículos registrados, porém apenas 20% eram elétricos em 1903, o pico foi em 1912 com registros de 30 mil veículos elétricos nos EUA.

Entre os anos 1901 e 1903 houve registros da produção de carros com tecnologia característica de veículos híbridos, com bateria e motor à combustão, no entanto a estética e o desempenho desses carros era associado aos das carruagens da época. Alguns outros Picos de produção foram identificados durante a primeira e segunda guerra mundial, quando houve racionamento de insumo, entre eles a gasolina (FERREIRA, 2022).

Após a produção em larga escala dos veículos desenvolvidos por Ford, a produção e comercialização dos carros elétricos entram em declínio. A principal motivação da substituição do modelo utilizado se deu em razão de vários aspectos. Dentre eles, Baran (2012) lista como principais:

- A produção em massa dos veículos de Henry Ford, com veículos movidos a combustão custando aproximadamente metade do preço dos VE's e desempenho mais elevados;
- O invento da partilha elétrica substituindo as manivelas utilizadas no acionamento dos motores;
- O início das rodovias interligando cidades nos EUA;
- As descobertas de petróleo no Texas.

Fatores como a performance em relação ao km/l, a facilidade de distribuição da gasolina e a simplicidade da manutenção, ajudaram a amplificar a aceitação e utilização dos carros movidos à gasolina. Os veículos a gasolina, cada vez mais supriam limitações existentes nos carros elétricos, tanto no preço quanto no desempenho.

Ainda segundo Baran (2012), partir desse período, a produção dos VEs retornou apenas entre a primeira e segunda guerra mundial, quando houve racionamento dos combustíveis nos EUA e no Japão. Contudo, ao final das guerras e do período de racionamento, a produção entrou em declínio novamente.

No cenário nacional, em 1974 a Gurgel Motores lançou o primeiro veículo elétrico produzido no Brasil. O veículo transportava até 2 passageiros, possuía dimensões pequenas e era utilizado em espaços urbanos. Era composto por baterias de chumbo ácido recarregável em qualquer tomada residencial, no entanto esbarrou nos mesmos problemas

relacionados à eficiência quanto seus similares históricos com baixa capacidade de armazenamento de sua bateria. Em 1980, a Gurgel lançou o ITAIPU, outro VE que apresentou baixa eficiência e por isso não se manteve no mercado (FERNANDES, 2023).

Figura 2 – Veículos fabricados pela Gurgel Motores.



Fonte: Pereira (2021).

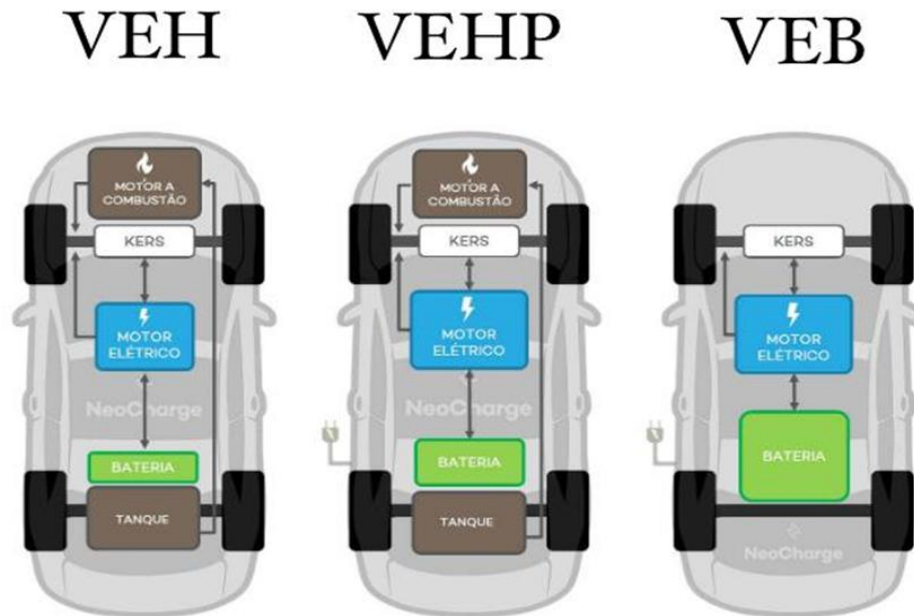
2.2. Tipos de veículos elétricos

Os carros elétricos têm uma desvantagem significativa em relação ao tempo necessário para recarregar suas baterias. Embora um carro elétrico completamente recarregado possa percorrer uma distância comparável a um carro a combustão com o tanque cheio, ele precisa ser conectado a um carregador após esse período. Isso significa que um carro elétrico com a bateria descarregada ficará fora de operação por várias horas até ser totalmente recarregado, o que é uma grande desvantagem. ANTUNES (2018) diz que um veículo elétrico pode percorrer entre 160 e 200 km em média, dependendo do modelo do carro, do uso do ar-condicionado, tipo de trajeto e estilo de condução. Recomenda-se recarregá-las quando estiverem abaixo de metade da capacidade total, ou seja, não é aconselhável recarregar as baterias quando a autonomia estiver muito baixa. Portanto, é comum que o veículo precise ser recarregado diariamente.

Assim como os veículos a combustão, os elétricos também possuem uma variedade de tipos que podem acomodar diferentes necessidades, dependendo da ocasião. Atualmente, existem poucos veículos completamente elétricos ou híbridos no mercado brasileiro, no entanto, a disponibilidade e variedade de modelos vem aumentando a cada ano. Os mais usuais são: veículo elétrico a bateria (VEB), veículo elétrico híbrido (VEH)

e o veículo elétrico híbrido de Plug-in (VEHP), ilustrados a seguir (NEOCHARGE, 2022).

Figura 3 – Diferença no interior dos tipos de veículos elétricos.



Fonte: NeoCharge (2022).

2.2.1. Veículo Elétrico a Bateria- VEB

O veículo elétrico a bateria é acionada pelo motor elétrico puramente alimentado por uma ou mais baterias, ou seja, 100% elétrico (UVE, 2025). Quando a bateria acaba ela deve ser recarregada em fontes externas de energia utilizando os freios regenerativos (kers). O VEB não emite nenhum tipo de GEE, pois não há processo de combustão, por isso ele não possui nem escapamento. Mas a eletricidade utilizada pode vir de uma fonte de gás poluente, como uma termelétrica ou nuclear. No entanto, mesmo utilizando uma fonte de energia não limpa para recarregar a bateria do VEB ele continua sendo a melhor opção no quesito sustentabilidade (NEOCHARGE, 2022).

2.2.2. Veículo Elétrico Híbrido- VEH

Como já diz o nome, esse tipo de veículo é composto por dois sistemas diferentes, o elétrico e o a combustão, com isso o abastecimento dele se dá principalmente através da utilização de gasolina/álcool, como qualquer outro veículo convencional com motor a combustão, mas o diferencial dele é o fato de que também possui um motor elétrico movido a bateria (PORTAL SOLAR, 2024). Basicamente o motor elétrico torna

o carro mais eficiente, pois em alguns momentos o ele completa a atividade do outro motor, ajudando a reduzir a demanda do motor a combustão em situações como na utilização dos acessórios do carro, o ar-condicionado, por exemplo, no VEH ele é alimentado pela bateria, fazendo com que haja menos consumo de combustível, reduzindo a emissão de GEE e economizando no reabastecimento do veículo. A sua bateria, por sua vez, é recarregada com o apoio do kers, que converte o calor dissipado no ato da frenagem em energia elétrica (NEOCHARGE, 2022).

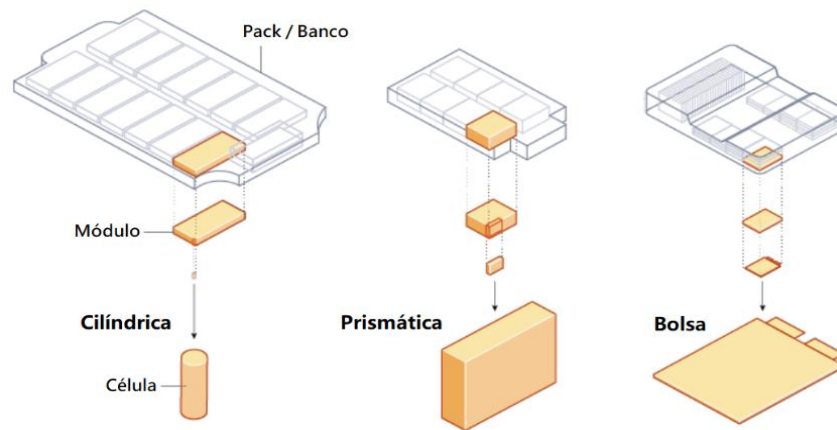
2.2.3. Veículo Elétrico Híbrido de Plug-in- VEHP

O VEHP possui a estética bem parecida com a do VEH, dois motores, elétrico e a combustão, e bateria recarregável com o sistema de frenagem, porém se difere no fato de que o veículo elétrico híbrido plug-in pode ter sua bateria recarregada não só pelos freios regenerativos, como funciona com o VEH, mas também via fonte elétrica externa com um cabo (plug-in) (PORTAL SOLAR, 2024). Grande parte dos VEHP funcionam de dois modos diferentes: puramente elétrico, o motor elétrico e a bateria do carro sustentam toda demanda de energia, e de uma maneira híbrida, similar ao funcionamento do VEH. Geralmente os VEHP iniciam no modo totalmente elétrico, operando até que haja a necessidade de dividir os esforços entre os dois motores (VOOLTA, 2024).

2.3. Tipos de Baterias

Apesar de os veículos elétricos parecerem uma temática emergente, os estudos e desenvolvimentos estão são mais antigos do que se pensa. Um automóvel elétrico emprega distintos tipos de baterias para fornecer energia ao motor e movimentar as rodas (SILVA, 2023). As baterias utilizadas nos VE estão dispostas em módulos, que por sua vez é composto por células conforme a figura 4.

Figura 4 – Configuração das baterias.



Fonte: Tupinambá (2023).

Lima (2023) afirma que mesmo com vários modelos de baterias disponíveis no mercado, 4 tipos principais amplamente empregadas na indústria automobilística: as de chumbo-ácido (PbA), as de níquel-hidreto metálico (NiMH), as de sódio e as de íon-lítio.

2.3.1. Chumbo-Ácido

De acordo com Santos (2015) As baterias de chumbo- ácido são compostas por grades de chumbo ativo (polo negativo) e bióxido de chumbo (polo positivo) imersas em ácido sulfúrico. Quando há descarga, ou seja, utilização do motor, os elétrons saem da placa de chumbo em direção à placa de bióxido de chumbo, essas placas são ligadas entre si de forma fornecer uma boa condutividade elétrica. Conforme apresenta Silva (2023), ela é utilizada como bateria secundária para alimentar sistemas como injeção eletrônica, partida e ignição.

2.3.2. Níquel- Hidreto Metálico

As baterias de níquel-hidreto metálico (Ni-MH) possuem um eletrodo negativo de hidreto metálico (MH) e um eletrodo positivo de hidróxido de níquel ($\text{Ni}(\text{OH})_2$), imersos em solução de hidróxido de potássio (KOH) e separados por membranas poliméricas. Durante a descarga, o hidrogênio armazenado no eletrodo negativo reage com o $\text{Ni}(\text{OH})_2$, liberando energia elétrica, enquanto na recarga esse processo se inverte. Essas baterias apresentam maior densidade de energia e ciclo de vida superior ao das de chumbo-ácido, além de menor impacto ambiental. No entanto, sua alta taxa de autodescarga e a geração de calor limitam sua competitividade em relação às baterias de íon-lítio (SANTOS, 2023).

2.3.3. Sódio

As mais usuais são a sódio-enxofre (NaS) e a Zebra (Ni-NaCl₂). As de sódio, “zebra” ou ainda de “sal fundido” são uma tecnologia relativamente madura, mas que têm como limitação a necessidade de aquecimento para cerca de 300°C a 350°C para funcionamento, o que consome bastante energia. Sua vantagem é não conter materiais tóxicos (MAGALHÃES, 2020).

2.3.4. Íon-Lítio

Conforme Magalhães et al (2020), o lítio é um dos materiais anódicos mais atrativos, devido ao potencial termodinâmico alto. Nessas baterias o ânodo é formado por uma composição de grafite e o catodo por óxido metálico com íons de lítio. Porém existem diferentes tipos de baterias íon-lítio, Santos (2023) mostra que a diferença está nos catodos que podem ser LCO (óxido de lítio-cobalto), NCA (lítio-níquel-cobalto-alumínio, ou LiNiCoAl), NMC (lítio-níquel-manganês-cobalto, ou LiNiMnCo), LMO/LTO (lítio manganês spinel) ou LFP (fosfato de ferro-lítio, ou LiFePO₄). Atualmente são as baterias mais utilizadas e mais promissoras com vantagens como alta eficiente, longo ciclo de vida e alta densidade de energia, no entanto há possibilidades de superaquecimento com super tensões, alto custo e mal funcionamento em baixas temperaturas.

2.4. Matriz Energética

2.4.1. Fontes atuais de abastecimento

Segundo Batista (2019), a revolução industrial marcou o início de uma era onde a demanda por combustíveis fósseis se estruturou, desde então a demanda de energia requerida pelo ser humano cresceu de tal forma que atualmente ela é necessária para garantir a sobrevivência, com a utilização em transportes e geração de energia elétrica. Historicamente, os combustíveis fósseis, por possuírem um grande potencial energético, vem se mantendo como agente principal na geração de energia no cenário global, porém esta fonte caracteriza-se como energia não renovável e com potencial alto de poluição.

Com o consumo em bilhões de toneladas por ano, a projeção é que as reservas de petróleo se esgotem até 2046 (PUPAN, 2002). Nesse cenário, outras formas de energia

estão sendo estudadas e implementadas, com destaque para a geração a partir de fontes renováveis.

De acordo com Santos (2021), as fontes energéticas podem ser classificadas da seguinte forma:

- Não renováveis: são aquelas fontes limitadas, com o ciclo de formação de milhões de anos, em que uma vez esgotadas, suas reservas não podem ser regeneradas. São exemplos os combustíveis fósseis como o petróleo, gás natural, carvão e o urânio como fonte de energia nuclear;
- Renováveis: são aquelas em que se renovam em ciclos contínuos e reservas inesgotáveis. Sendo consideradas fontes renováveis a energia solar, eólica, hidráulica, oceânica, fotovoltaica, biocombustíveis;

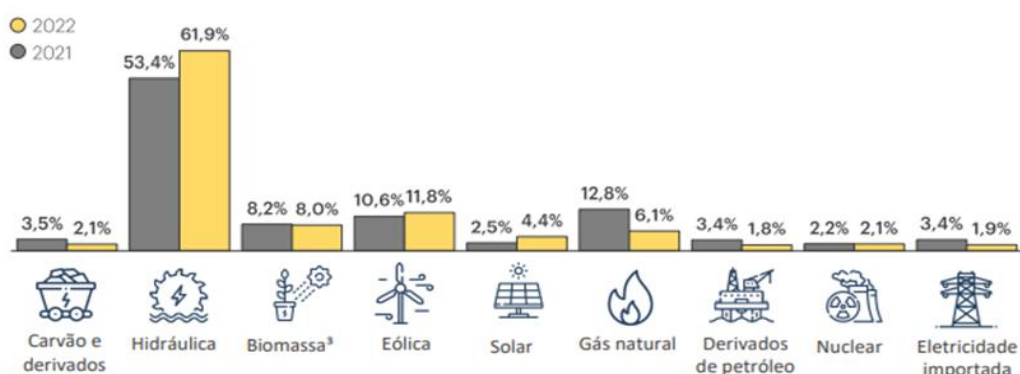
Segundo dados da IEA (Agência Internacional de Energia), a oferta energética mundial se apresenta da seguinte forma: (energia primária) está distribuída por fonte energética do seguinte modo: petróleo (34,3%), carvão mineral (25,1%), gás natural (20,9%), energias renováveis (10,6%), nuclear (6,5%), hidráulica (2,2%) e outras (0,4%) (IEA, 2007).

No Brasil a oferta interna de energia é liderada pelo petróleo e seus derivados responsáveis pela produção de 35,7% em 2022 de acordo com o Balanço Nacional Energético (BEN) (2023), seguido por 15,4 % de biomassa da cana e 12,5% de hidráulica. Ainda segundo o BEN (2023), o setor de transporte lidera o consumo de energia no país com 33% do consumo de energia total utilizado no transporte de carga e de passageiros, seguido pelo setor industrial em que juntos consomem 65%.

Com relação a energia elétrica, a geração é atualmente a maior fonte de emissões de dióxido de carbono (CO₂) globalmente, mas também é o setor que está liderando a transição para emissões líquidas zero por meio do rápido aumento de energias renováveis, como solar e eólica (IEA, 2023).

No Brasil, diferente dos parâmetros mundiais a produção de energia elétrica é majoritariamente produzida nas hidrelétricas e em 2022 registrou um aumento provocado pelo regime de chuvas, conforme a figura 5.

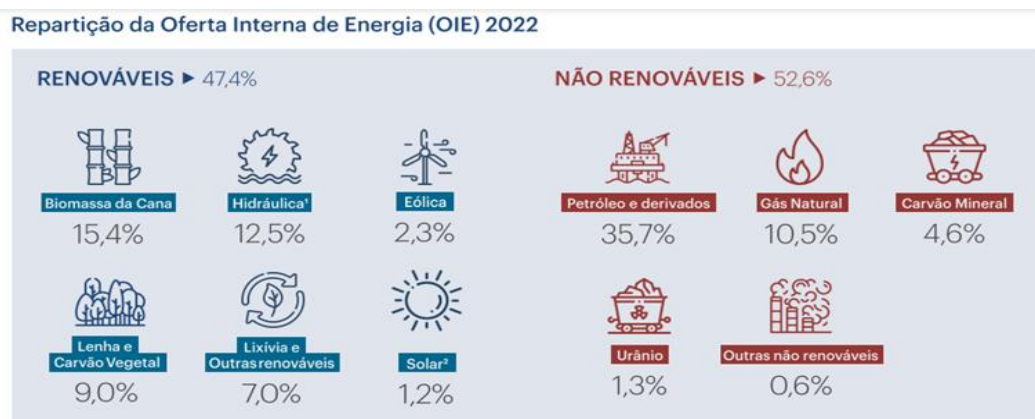
Figura 5 – Produção de energia elétrica 2022.



Fonte: BEN (2023).

É possível perceber que a matriz hidráulica representa um grande percentual de produção frente às demais fontes de energia. Além disso, é notório que a energia solar apresentou salto significativo em relação as demais matrizes. Um destaque que pode ser reconhecido no Brasil é o de produção de energia a partir de fontes renováveis, representando um percentual de 47,4% na oferta total de energia no país, conforme a figura 6, com dados base no ano de 2022.

Figura 6 – Oferta interna de energia 2022.



Fonte: BEN (2023).

A figura acima apresenta a Repartição da Oferta Interna de Energia (OIE) do Brasil em 2022, evidenciando a participação das fontes renováveis e não renováveis no total de energia ofertada no país.

Os dados indicam que 52,6% da energia provém de fontes não renováveis, enquanto 47,4% são originadas de fontes renováveis. Entre as fontes não renováveis, petróleo e derivados são os mais representativos, correspondendo a 35,7% do total. O gás

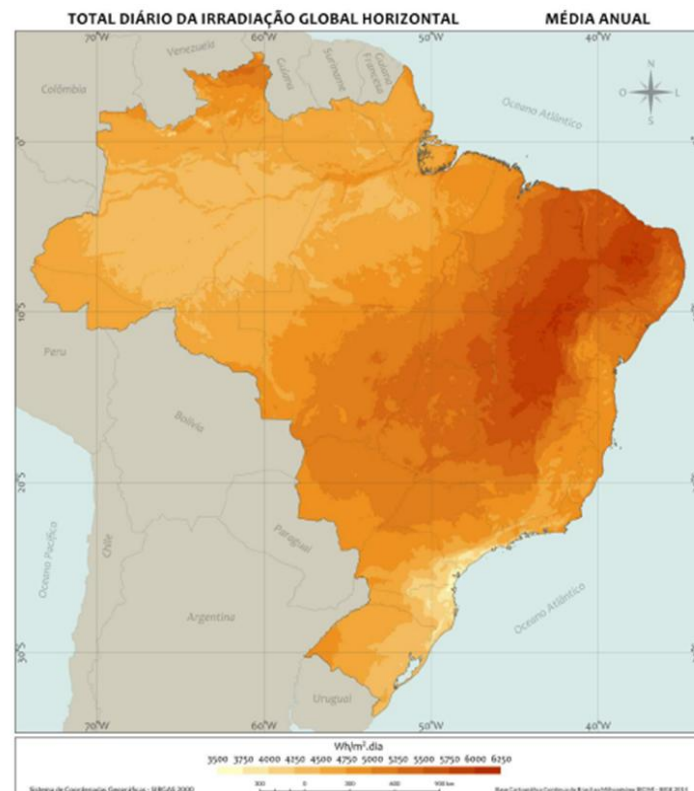
natural (10,5%) e o carvão mineral (4,6%) também possuem contribuições significativas, seguidos pelo urânio (1,3%) e outras fontes menores (0,6%).

No que se refere às fontes renováveis, a biomassa da cana se destaca com 15,4%, seguida pela energia hidráulica (12,5%) e a lenha e carvão vegetal (9,0%). Outras fontes como lixo e outras renováveis (7,0%), eólica (2,3%) e solar (1,2%) possuem menor participação, mas demonstram o avanço das energias limpas no cenário energético brasileiro.

2.4.2. Energia solar e fontes renováveis

Revelado acima o grande potencial do Brasil na geração de energia a partir da hidrelétrica devido ao grande volume de rios, o Brasil também dispõe de uma posição geográfica, cuja incidência solar é expressiva. Na figura 7, Pereira et al. (2017) apresenta os níveis de irradiação solar sobre o Brasil, com escala variando entre 3500 Wh/m²/dia, na cor mais clara, e 6250 Wh/m² dia na cor mais escura.

Figura 7 – Média anual de irradiação solar no Brasil.

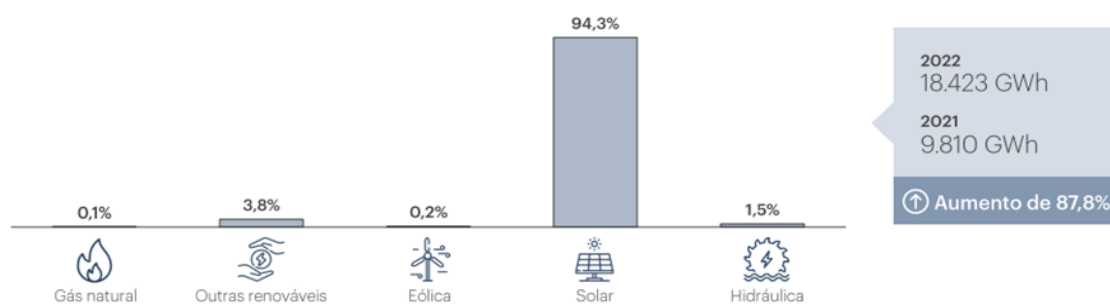


Fonte: Pereira et al. (2017).

Aliada a grande preocupação ambiental e ao avanço das tecnologias, a produção de energia solar vem crescendo no Brasil. Algumas políticas de incentivo foram sendo

instituídas pelo governo, como Sistema de Compensação para Mini e Microgeração Distribuídas e o Desconto na Tarifa de Uso dos Sistemas de Distribuição (TUSD) e na Tarifa de uso dos Sistemas de Transmissão (TUST). Além disso, linhas de crédito facilitadas e isenção fiscal instituídas pela Política Nacional de Energia Solar Fotovoltaica – PRONASOLAR (2018), auxiliaram no fomento e crescimento da energia solar no país. Segundo o Balanço Nacional Energético (BEN, 2023), o consumo de energia solar residencial aumentou mais de 7,1 % na comparação entre os anos de 2021 e 2022. Em percentuais de micro e minigeração distribuída, a energia solar representou 94,3%, como um aumento de 87,8% em relação ao ano anterior, como mostra a figura 8.

Figura 8 – Crescimento da energia solar.



Fonte: BEN (2023).

No contexto dos carros elétricos, a energia solar apresenta-se como uma aliada para um dos fatores que impedem o consumidor de adquirir o veículo: A recarga, uma vez que o potencial energético do país é alto e a produção de energia elétrica pode servir para outras finalidades. Lima (2023) realizou uma projeção da utilização de energia solar para ônibus elétricos da rede pública. A curto prazo o investimento financeiro seria alto visto que toda infraestrutura para posto de carregamento, compra e montagem de painéis fotovoltaicos estaria sendo feita do zero. Porém, a longo prazo esse sistema fornece gastos menores com reabastecimento, redução do uso de combustíveis fósseis e menor impacto ambiental.

2.5. Estações de Recarga

Um dos principais problemas no que se refere a infraestrutura para a frota de VEs é sobre as estações de recarga, que acaba sendo uma restrição para possíveis consumidores. Logo, para garantir o sucesso de implementação desse tipo de veículo no mercado é necessário um grande investimento em infraestrutura de carregamento, visando ser bem planejada e estruturada. Ou seja, mesmo que haja alternativas de

carregamento residencial ou no trabalho se faz necessário opções de postos de recarga públicos bem distribuídos.

2.5.1. Classificação dos postos de recarga

Como visto em Thomason (2012) esses postos de recarga podem ser classificados em diferentes níveis, de acordo com a potência elétrica disponível, são eles:

- Nível 1 (carregadores residenciais): potência limitada em 2kW e tensão de 120V em corrente alternada. Esse é o tipo mais simples entre os níveis de recarga, podendo ser conectado em tomadas residenciais. Entretanto, possui o carregamento mais lento que os demais, de 8 a 14 horas para completar a carga da bateria;
- Nível 2 (carregadores públicos): de 7 a 20kW de potência com tensão em 208 a 230 V em corrente alternada. Tempo de recarga diminui para 4 a 8 horas, porém, devido a potência mais elevada, este nível de carregamento é mais complexo para residências, por isso, segundo o Portal Solar (2024), eles são frequentemente encontrados em estações de carregamento públicas, shoppings e estacionamentos;
- Nível 3 (carregadores rápidos): potência de 60Kw e tensão de aproximadamente 400V em corrente contínua. A grande vantagem deste nível é que a recarga completa da bateria está na faixa de apenas uma hora ou menos. Mas, por conta dos elevados níveis de tensão e custo, apenas pontos públicos se encontram nesse tipo de recarga, o Portal Solar (2024) aponta que carregadores rápidos só podem ser encontrados em estações de carregamento públicas e em rodovias.

2.5.2. Tipos de Conectores

Atualmente, os veículos elétricos podem ser carregados de duas formas: por condução elétrica ou por transferência de energia sem fio. De acordo com Caetano (2021), a condução elétrica é a opção mais amplamente utilizada, pois segue padrões bem estabelecidos e não enfrenta desafios significativos em termos de desempenho. Já a transferência de energia sem fio, apesar de ser uma alternativa, ainda apresenta limitações como menor eficiência, custos elevados e preocupações com segurança.

O carregamento dos VEs pode ocorrer por meio de dois tipos principais de carregadores: o on-board, que está localizado dentro do veículo e opera com potências mais baixas, e o off-board, que se encontra externamente e é projetado para potências mais altas (CAETANO, 2021). Ambos os carregadores fazem parte do Electric Vehicle

Supply Equipment (EVSE), que corresponde ao equipamento responsável pelo fornecimento de energia aos veículos elétricos, comumente conhecido como EV estação de carregamento ou ponto de carregamento de veículos elétricos representado na figura 9.

Figura 9 – Estação de Carregamento do Parque do Rangedor.



Fonte: PlugShare, (2025).

Para que os VEs tenham uma adoção mais ampla, Silva (2023) destaca que os motoristas precisam de uma infraestrutura que permita carregar seus veículos de forma rápida e descomplicada. Isso exige a implementação de pontos de recarga eficientes tanto em residências quanto em estações públicas. No entanto, a instalação desses dispositivos deve atender a requisitos rigorosos de segurança, pois falhas podem representar riscos elevados, especialmente em locais de grande circulação (ALVES, 2023).

Além disso, os padrões de conectores variam conforme a região onde são aplicados. Nos Estados Unidos e em alguns países do Pacífico, a padronização é responsabilidade da SAE, enquanto em outras regiões, diferentes entidades normatizam os carregadores de VEs (SILVA, 2023). Conforme Niocharge (2023) os carregadores, também conhecidos como “Equipamento de Suprimento de Energia Elétrica para Veículos”, desempenham um papel essencial na infraestrutura dos VEs, pois garantem a energia necessária para recarregar suas baterias. Eles podem variar em complexidade, capacidade e integração com softwares de gerenciamento.

Entre os carregadores disponíveis no mercado brasileiro, existem modelos que oferecem até 300 kW de potência, possibilitando diferentes combinações de saída, como o padrão CCS 2 e CHAdeMO para carregamento em corrente contínua (DC), que são consideravelmente mais rápidos, esses carregadores de alta potência são projetados para ajustar automaticamente a distribuição de energia conforme o número de veículos conectados, o Type 2, que suporta até 22 kW para carregamento em corrente alternada (AC) (CACHÃO, 2023) e o SAE J1772 que foi projetado para carregar VEs com baterias de baixa capacidade e carregamento em corrente alternada (AC), possui um potencial de carga relativamente baixo (potência até 7,4 kW) (NEOCHARGE, 2022).

Figura 10 – Principais tipos de conectores.



Fonte: PlugShare (2025).

Segundo Cachão (2023), os carregadores de VEs devem ser projetados para atender não apenas carros de passeio, mas também veículos maiores, como caminhões de lixo e de manutenção urbana, uma vez que os veículos elétricos estão se tornando cada vez mais comuns nas ruas. A expectativa é que, até 2035, cerca de 65% dos veículos vendidos sejam elétricos, com uma distribuição equilibrada entre veículos elétricos a bateria (BEV) e híbridos (SILVA, 2023).

2.6. Tempo de Carregamento

2.6.1. Fatores que influenciam no tempo de carregamento de veículos elétricos

A seguir, destacam-se os principais aspectos que afetam o processo de carregamento dos VEs.

2.6.1.1. Capacidade da bateria

A capacidade da bateria, medida em kilowatt-horas (kWh), determina a quantidade total de energia que pode ser armazenada no veículo. Baterias com maior capacidade oferecem maior autonomia, porém requerem mais tempo para serem

recarregadas completamente (ENBIENTE, 2024). Por exemplo, uma bateria de 60 kWh levará mais tempo para carregar do que uma de 40 kWh, mesmo utilizando o mesmo carregador.

2.6.1.2. Estado de carga inicial

Segundo o Site Electricity & Magnetism (2024) o nível de carga presente na bateria no início do processo de recarga também influencia o tempo necessário para atingir a carga completa. Uma bateria totalmente descarregada demandará um período maior de recarga em comparação a uma que ainda possua carga residual.

2.6.1.3. Tipo de carregador e infraestrutura elétrica

A velocidade de carregamento também depende do tipo de carregador utilizado e da infraestrutura elétrica disponível. Carregadores de diferentes níveis (níveis 1, 2 e 3) oferecem potências variadas, afetando diretamente o tempo de recarga. Além disso, a capacidade da instalação elétrica do local de carregamento pode limitar a potência máxima disponível, impactando o tempo necessário para uma carga completa (POWER2GO, 2024).

2.6.1.4. Potência disponível na rede elétrica

A potência elétrica disponível no momento da recarga pode influenciar a velocidade do processo. Durante períodos de alta demanda na rede elétrica, a potência fornecida pode ser reduzida, tornando o carregamento mais demorado (ETC ENERGY, 2024).

2.6.2. Como calcular o tempo de carregamento do VE

Para determinar o tempo de carregamento de um carro elétrico, três fatores são fundamentais: a capacidade de armazenamento da bateria do veículo, a potência do carregador e a eficiência do processo de carregamento. Portanto, para estimar o tempo necessário para a recarga de um veículo elétrico (T), considera-se a relação entre a capacidade da bateria (C_b), expressa em quilowatt-hora (kWh), e a potência do carregador (P_c), em quilowatts (kW) (PORTAL SOLAR, 2024). Logo, a fórmula básica para esse cálculo é:

$$T = \frac{C_b}{P_c} \quad (1)$$

Onde:

- T representa o tempo de carregamento em horas;

- C_b é a capacidade total da bateria em kWh;
- P_c é a potência do carregador em kW.

E, para calcular a capacidade máxima de veículos elétricos por dia (24 horas) em um posto de recarga usou-se a seguinte equação:

$$Q_{VE} = \left(\frac{24 \text{ h}}{T} \right) \times n \quad (2)$$

Onde:

- Q_{VE} representa a quantidade de veículos elétricos suportada pelo eletroposto;
- n é o número de plugs disponíveis.

2.7. Mobilidade Elétrica

2.7.1. Infraestrutura no Brasil

A mobilidade elétrica no Brasil tem avançado significativamente nos últimos anos, acompanhando a tendência global de eletrificação do setor automotivo. Segundo a Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE), em 2024, o país alcançou a marca de 220 mil veículos eletrificados (entre elétricos puros e híbridos), representando um crescimento de 47% em relação ao ano anterior. São Paulo lidera esse mercado, com a maior frota de veículos elétricos e híbridos, seguida por Paraná e Santa Catarina, devido ao alto poder aquisitivo, incentivos locais e infraestrutura consolidada (ABVE, 2024).

Em vista disso, a infraestrutura de recarga é um dos pilares para o avanço da mobilidade elétrica. Estudos indicam que a ausência de estações de recarga públicas bem distribuídas limita a adoção de veículos elétricos, especialmente em cidades de médio porte e regiões menos desenvolvidas (FERREIRA; SILVA, 2023).

Cidades como Curitiba, por exemplo, contam com políticas específicas que incentivam a instalação de eletropostos em áreas públicas e privadas, servindo de referência para capitais emergentes como São Luís. Em Florianópolis, o modelo de incentivo à instalação de eletropostos nas garagens de condomínios tem mostrado grande eficiência, contribuindo para o aumento da frota de veículos elétricos na cidade (MOBILIDADE SUSTENTÁVEL, 2022).

No Brasil as empresas do setor elétrico têm atuado consideravelmente no ramo de mobilidade elétrica com a intenção de prover a energia necessária para a recarga do VE. O PMNE (1º Anuário Brasileiro da Mobilidade Elétrica, 2021) mostra que, mesmo

sendo um país ainda iniciante nesse mercado, com poucos números significativos em comparação aos líderes, o Brasil tem bastante potencial para desenvolver uma boa infraestrutura energética nesta década visando o aumento da frota de VEs, considerando que suas principais motivações para investir nesse cenário incluem:

- O mercado consumidor brasileiro, pois o setor de mobilidade possui grande participação no PIB do país;
- A segurança energética, que vai além da questão de uma matriz energética mais limpa, ela usa a mobilidade elétrica para impulsionar o emprego dos biocombustíveis, incentivando o desenvolvimento e a comercialização de um sistema híbrido que também opere com o uso do etanol;
- A agenda ambiental, na qual o Brasil se comprometeu oficialmente com a ONU (Organização das Nações Unidas) em 2016, que prevê uma redução de 37% dos gases de efeito estufa até 2025 em relação aos níveis de emissão de 2005;
- A saúde pública, onde a poluição do ar causada pelas emissões de veículos movidos a combustão é responsável por um número significativo de mortes no Brasil.

Segundo a ABVE (2024), com a venda de 13.265 veículos leves eletrificados em setembro, o ano de 2024 reafirma a tendência de crescimento significativo da eletromobilidade no Brasil. Esse avanço ocorre simultaneamente à expansão da infraestrutura de recarga elétrica pública, que ultrapassou a marca simbólica de 10 mil eletropostos em agosto.

Sobre a infraestrutura de recarga de VE a plataforma PlugShare, maior comunidade de motorista de VE do mundo, fornece informações sobre a localização e detalhes de estações de carregamento para automóveis elétricos, com ela se pode localizar estações de carregamento compatíveis com o veículo, filtrar opções no mapa por tipo de conector, velocidade de carregamento, comodidades e disponibilidade. Além disso, é possível vincular o aplicativo à estação de recarga preferida, pagar pelo carregamento em locais participantes, monitorar a sessão de carregamento e navegar por locais de carregamento próximos, locais salvos e viagens planejadas.

É interessante lembrar a importância da disponibilidade de estações de recarga ao longo de estradas e rotas de viagem para os carros elétricos. No Brasil, ainda existem trechos com poucas opções de recarga ao longo das rodovias, o que pode ser uma preocupação para viagens de longa distância.

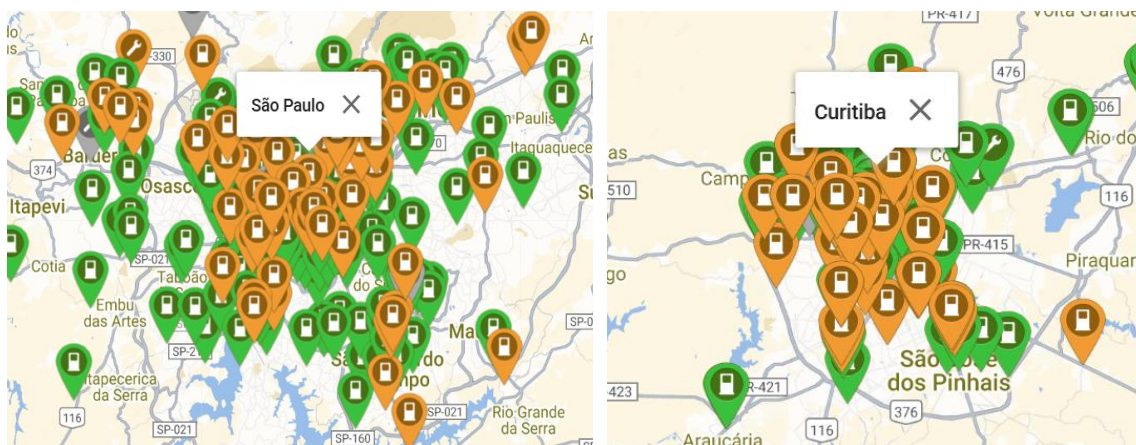
Figura 11 – Eletropostos disponíveis no Brasil.



Fonte: PlugShare (2025).

É possível observar que São Paulo é a principal referência no país, com mais de 45 mil veículos elétricos em circulação, seguidos de cidades como Curitiba, que, apesar de ser menor em termos populacionais, tem se destacado por suas políticas voltadas à sustentabilidade e ao transporte de baixo carbono (FERREIRA, 2024). A seguir uma imagem do aplicativo que mostra as opções de recarga disponíveis nas cidades de São Paulo e Curitiba, respectivamente.

Figura 12 – Eletropostos disponíveis na cidade de São Paulo (esquerda) e Curitiba (direita)



Fonte: PlugShare (2025)

2.7.1.1. Infraestrutura em São Luís-MA

Em São Luís, capital do estado do Maranhão, a infraestrutura para carros elétricos ainda está em fase inicial. Esse ponto de partida foi dado pelo Grupo Equatorial que em dezembro de 2021 promoveu uma iniciativa através do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), com a participação de nove outras empresas do setor elétrico, representadas pela Global Participações em Energia. O investimento total do projeto, que abrange cinco estados do país, é de cerca de R\$ 19 milhões. No Maranhão, onde o projeto conta com uma parceria significativa do Governo do Estado, foi inaugurado o primeiro eletroposto do estado, apresentado na figura 13, representando um avanço adicional no projeto de Mobilidade Elétrica do estado. Localizado no Parque do Rangedor, o eletroposto oferece a possibilidade para que os cidadãos carreguem até dois veículos elétricos simultaneamente, de forma gratuita (EQUATORIAL ENERGIA, 2021).

Figura 13 – Eletroposto do Parque do Rangedor- Primeiro do Maranhão.



Fonte: Equatorial Energia (2021).

Além disso, os investimentos para a mobilidade elétrica na capital maranhense se mantêm assíduos. Em maio de 2024, a Equatorial Maranhão inaugurou o Eletroposto do São Luís Shopping, parte do projeto “Rota do Sol”, que disponibiliza seis postos de recarga entre São Luís e Teresina, permitindo viagens de 435 km com recargas gratuitas. Os postos estão localizados em São Luís, no São Luís Shopping; em Itapecuru-Mirim, no

Posto Cacique 39; em Alto Alegre do Maranhão, no Posto Recreio; em Caxias, no Posto Mais Riachão, além de 2 carregadores semirrápidos (3 horas para uma carga completa) localizados no Eletroposto da Equatorial Maranhão (Parque do Rangedor) e no Eletroposto da Equatorial Piauí, no Parque da Cidadania (EQUATORIAL ENERGIA, 2025).

Figura 14 – Eletroposto do São Luís Shopping- Rota do Sol.



Fonte: Equatorial Energia (2024).

2.8. Legislação e Incentivos Fiscais para carros elétricos

De acordo com a análise de Alves et al. (2022), os incentivos à aquisição dos veículos elétricos no Brasil não são suficientes para a eletrificação da frota brasileira. O boletim lista os principais tributos que incidem sobre os VEs, são eles:

- Imposto de importação (II): O imposto sobre importação que até 2020 era de 35%, foi reduzido para 4%, e até 0% em alguns casos, dependendo da eficiência do carro. Se comparado com a taxa de importação dos veículos comuns, que é de 20%, há de forma clara um incentivo aos VEs. Existem ainda projetos de leis em tramitação que discutem sobre a isenção desse imposto aplicados aos veículos elétricos, como exemplo PL 3339/2019 e PLS 403/2022;
- Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), PIS e COFINS: O Decreto nº 10.979/2022 alterou para o intervalo de 5,335% a 16,3% a alíquota do IPI sobre veículos elétricos que até 2018 era de 25%. Já os veículos à combustão comuns são

tributados entre 5,705% e 20,375%. Comparando os dois tipos, a redução não foi tão expressiva, pois ainda segundo Alves et al, essa redução é mais significativa à veículos de luxo e veículos pesados com peças mais caras, portanto, esse imposto é o mesmo para carros à combustão e elétricos. Para PIS e CONFINS, as alíquotas também são as mesmas (11,6% somadas);

- Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS): Imposto estadual com alíquota de até 20%. Não existe incentivo ou redução significativa no âmbito nacional, uma vez que cabe aos estados estabelecerem as alíquotas aplicadas;
- Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA): É um imposto que, dependendo estado, existem benefícios consideráveis, incluindo isenção total ou parcial do imposto sobre veículos elétricos, no Maranhão a isenção é total.

Alves et al, 2022, destaca que a tributação em relação aos VEs está diminuindo e se aproximando daquelas que incidem sobre os veículos à combustão, porém, como medida de incentivo, deveriam ser ainda menores. Kraemer (2023) destaca alguns projetos leis em tramitação no âmbito legislativo federal, os quais tratam principalmente de isenções do IPI e II (imposto sobre importação e imposto sobre produtos industrializados), incentivos para construção de postos de recarga em shopping e prédios e tratativas sobre a infraestrutura de recarga.

O PNME 2024 mostra um exemplo, o projeto de lei 2156/2021, já aprovado na “Comissão de Desenvolvimento Urbano”, o qual possui artigos que citam a necessidade de instalar pontos de recarga em novos edifícios e espaços de estacionamento, fomento estudos de viabilidade de conversão da frota, comercialização da energia para fins de mobilidade elétrica e regras que incentivem a aquisição dos veículos.

Ainda segundo o PNME (2024), os esforços em relação aos veículos elétricos devem ser coletivos entre as políticas públicas brasileira e o setor privado. Os autores mencionam a necessidade de as empresas privadas enxergarem os gargalos e dificuldades do setor como, a pouca infraestrutura de recargas, fornecimento de energia e demais serviços necessários para o funcionamento desse sistema, como oportunidade de negócios, e dessa forma, junto às medidas implementadas pelo governo, fornecer serviços aos consumidores, aumentando a infraestrutura e intensificando setor automobilístico elétrico no país.

Em São Luís, a lei municipal nº 7.305, sancionada em 2 de maio de 2023, estabelece a obrigatoriedade de prever soluções para o carregamento de veículos elétricos em edifícios residenciais e comerciais em São Luís. A lei determina que as novas

construções incluam infraestrutura para instalação de pontos de recarga, conforme as normas técnicas brasileiras, com a possibilidade de medição individualizada da energia consumida. Além disso, a legislação prevê que os edifícios existentes adaptem suas instalações dentro de um prazo de cinco anos (SÃO LUÍS, 2023).

A lei não se aplica à empreendimentos resultantes de programas habitacionais públicos ou subsidiados com recursos públicos, caso haja impossibilidade técnica ou econômica para a implementação (SÃO LUÍS, 2023). O objetivo principal dessa iniciativa é preparar a infraestrutura urbana para atender à crescente demanda por veículos elétricos, promovendo sustentabilidade e redução de emissões poluentes.

Conclui-se, portanto, que a política brasileira tem se esforçado para fomentar o mercado, no entanto as medidas alcançadas representam apenas o início do que o mercado e a frota brasileira necessitam para se transformar em uma frota elétrica.

2.9. Vantagens e desvantagens de aquisição

As vantagens e desvantagens que levam um comprador a adquirir um carro elétrico além de revelar fatores de performance do veículo, leva em consideração também os fatores fiscais e de taxação citados acima. Habich (2018) revela que no Brasil, a falta de estações de recarga, o preço como fatores determinantes na aquisição de um VE.

2.9.1. Vantagens à adoção do VE

É sabido que as vantagens de ter um carro elétrico, do ponto de vista dos consumidores, passa pela análise dos incentivos fiscais. Contudo, fatores como:

- Eficiência do motor: De acordo com Fontaínhas (2013) os motores elétricos convertem cerca de 70% da energia das baterias em energia útil para o veículo, valor bastante superior aos motores de combustão, que aproveitam apenas cerca de 20% da energia contida na gasolina. Outra vantagem é o menor custo com manutenção sem necessidade de troca de óleo do motor, filtros e entre outros (IDAE, 2011);
- Veículo silencioso: O veículo elétrico ajuda a combater este tipo de poluição, dado que, durante a sua utilização, produz ruídos praticamente imperceptíveis ao ouvido humano, principalmente se comparado ao motor à combustão (FONTAÍNHAS, 2013);

- Zero emissões: O veículo elétrico não emite gases durante sua utilização. Isso contribui para melhoria na qualidade do ar nas cidades, trazendo uma nova face para o setor de transportes no que se refere à preservação ambiental (IEA, 2023);
- São vantajosos para os compradores, além de representar o diferencial dos VEs em relação aos veículos movidos à combustão.

2.9.2. Barreiras à adoção do VE

Desde a descoberta até os anos atuais, os carros elétricos enfrentaram diversos problemas relacionados principalmente a baterias e autonomia. Oshima (2023), realizou uma revisão literária elencando 12 barreiras encontradas na adoção do VEs. Abaixo estão listados 5 com maior recorrência nas referências do estudo de OSHIMA:

- Alto custo de propriedade (custo de compra): Além dos custos de aquisição, fatores como taxas, impostos combustível e manutenção também entram nesse tópico como fator determinante na compra dos veículos. Os preços dos VEs não são competitivos em relação aos demais veículos, isso impede o crescimento e eletrificação da frota no país;
- Longo tempo de recarga: Alguns fatores como o modelo do veículo, tipo do carregador e carga disponível, influenciam o tempo de recarga, podendo variar entre alguns minutos e muitas horas. No estudo de Graham-Rowe et al. (2012), o tempo de espera do carregamento foi considerado tempo morto, e, portanto, considerado uma barreira na aceitação do VEs;
- Número insuficiente de estações de recarga e preço elevado na adaptação do sistema elétrico residencial: Esses dois fatores são analisados separadamente por Oshima (2023), no entanto há uma interdependência entre eles. Os custos para adaptação residencial pode ser um aspecto que dificulta a compra dos veículos, porém consumidores que moram em prédios ou imóveis alugados, enfrentam também dificuldades quanto a autorização para implantar um sistema de recarga nesses lugares, o que os mantém reféns das estações de recarga nos postos e demais estabelecimentos comerciais;
- Baixa autonomia: A baixa autonomia dos veículos reforça o medo dos consumidores sobre as distâncias máximas percorridas pelos veículos e o receio que não conseguir chegar ao lugar almejado. Junto a isso, a baixa infraestrutura dos postos de recarga agrava essa preocupação e a tornam uma barreira;

- Risco de degradação da bateria: A durabilidade das baterias depende do uso e do modelo do carro. Segundo, Oshima (2023), a bateria é um dos principais motivos impeditivos de aquisição dos VEs.

3. METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho foi considerado o chamado veículo do tipo VE puro ou VEB – Veículo Elétrico a Bateria, veículo cuja fonte de energia é a eletricidade proveniente de uma bateria interna, e o VEH- Veículo Elétrico Híbrido, que é composto por dois sistemas diferentes, o elétrico e o a combustão.

3.1. Evolução da frota

A partir do site do Detran MA, foram obtidos os dados referentes à frota de veículos elétricos registrados em São Luís. Foram coletados dados como o número de veículos elétricos e híbridos por ano e demais informações relevantes no site disponível no link a seguir “<https://www.detran.ma.gov.br/inicio/paginas/Home.xhtml>”. O fluxograma representado na figura 15 traz o passo a passo da coleta de dados.

Figura 15 – Fluxograma- Coleta de dados (Site do Detran).



Fonte: Autor (2025).

Após a extração dos quantitativos de carros elétricos e híbridos, os dados foram inseridos em uma tabela no Excel para ser transformado em gráfico.

3.2. Infraestrutura da cidade - Atual cenário

Para analisar a infraestrutura existente em São Luís do Maranhão, se suporta a adoção e utilização de veículos elétricos, incluindo pontos de recarga, tempo de

carregamento e outros serviços relacionados, foi realizado um levantamento dos eletropostos disponíveis na cidade de São Luís através do aplicativo PlugShare e averiguado in loco, incluindo tanto os pontos públicos como privados, nos quais foram registradas informações como localização, tipos de conectores, estimativa de tempo de carregamento dos VEs nos principais eletropostos e sua capacidade máxima.

Com todos os dados coletados utilizou-se as equações (1) para estimar o tempo necessário para a recarga de um veículo elétrico (T), e a equação (2) para calcular a capacidade máxima de veículos elétricos por dia (24 horas) em um eletroposto (Q_{VE}).

3.3. Comparativo entre a frota e infraestrutura de São Luís com a de outras cidades

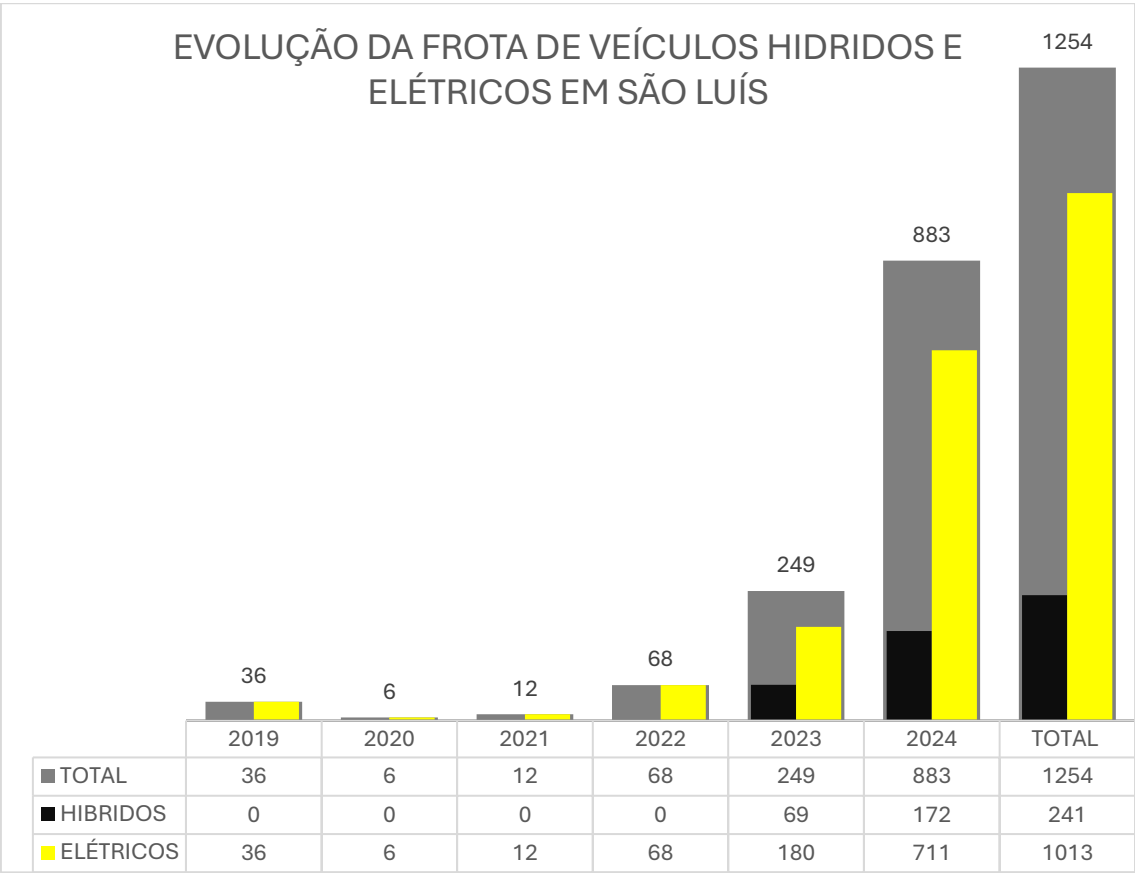
Após entender a problemática associada a esse tema em outras cidades e em São Luís, foi necessário analisá-lo em contexto comparativo. Com os resultados da pesquisa será possível verificar a tendência de crescimento da frota de carros elétricos na cidade de São Luís do Maranhão e quais os principais desafios para implantação.

4. RESULTADOS

4.1. Evolução da frota

Através dos dados coletados no site do Detran/MA, foi possível obter o quantitativo de carros emplacados nas categorias de híbridos e elétricos, além do crescimento da frota desde 2019 até dez de 2024. Os dados foram inseridos em tabelas e estão resumidos no gráfico 1.

Gráfico 1 – Evolução da frota de Veículos Elétricos/Híbridos em São Luís-MA.



Fonte: Autor (2025).

O gráfico apresentado retrata a evolução da frota de veículos elétricos e híbridos na cidade de São Luís, Maranhão, entre os anos de 2019 e 2024. A análise detalhada revela um crescimento expressivo ao longo dos anos, evidenciando a crescente adesão a tecnologias sustentáveis no setor de transporte na região.

Em 2019, a frota de veículos elétricos em São Luís era incipiente, com apenas 36 unidades, sendo o único segmento representado naquele período. Veículos híbridos ainda não haviam sido introduzidos na frota da cidade. Este número permaneceu estável em 2020, com apenas mais 6 veículos elétricos registrados, demonstrando um cenário de tímida adoção tecnológica, possivelmente devido ao alto custo inicial e à falta de incentivos governamentais significativos ou infraestrutura apropriada, como pontos de recarga.

Em 2021, houve um pequeno incremento, com a frota de veículos elétricos chegando a 12 unidades, mas os híbridos continuavam ausentes na cidade. Este leve aumento pode ser atribuído ao início de uma maior conscientização ambiental e à inserção

de iniciativas globais relacionadas à mobilidade sustentável, que começavam a ter impacto local.

O ano de 2022 representou um marco inicial na expansão da frota, com 68 veículos elétricos registrados, um aumento significativo em relação ao período anterior. Esta mudança pode estar associada à ampliação do debate público sobre sustentabilidade, bem como ao aumento da oferta de modelos de veículos elétricos por fabricantes. Porém um marco bem significativo foi registrado em 2021 com o primeiro eletroposto inaugurado no estado (Parque Rangedor).

O avanço mais expressivo, no entanto, ocorreu em 2023, quando foi registrada a introdução de veículos híbridos na frota de São Luís. Nesse ano, 69 veículos híbridos foram adicionados, além de um aumento robusto no número de veículos elétricos, que chegou a 189 unidades. A soma desses números fez com que o total da frota atingisse 258 veículos. Este salto demonstra que a aceitação desses veículos começou a se consolidar, possivelmente impulsionada pela redução nos custos de aquisição, maior disponibilidade de infraestrutura para recarga e estímulos fiscais.

O ano de 2024 marcou o maior crescimento na frota de veículos elétricos e híbridos na cidade, consolidando a tendência de transição para a mobilidade sustentável. A frota total saltou para 883 veículos registrados no ano, um aumento de mais de 240% em relação ao ano anterior. Desse total, 172 veículos eram híbridos, enquanto a frota de elétricos atingiu 711 unidades. Este aumento vertiginoso pode ser atribuído a diversos fatores, como a maturidade do mercado de veículos elétricos e híbridos, uma maior oferta de modelos acessíveis, avanços tecnológicos que aumentaram a autonomia das baterias e, possivelmente, políticas públicas locais ou nacionais voltadas à descarbonização da mobilidade urbana.

4.1.1. Tendências e impactos futuros

A evolução registrada nos gráficos indica que São Luís tem caminhado em direção a uma frota veicular mais limpa e sustentável. O crescimento exponencial observado entre 2023 e 2024 sugere que a tendência de adesão deve se manter nos próximos anos, principalmente se houver continuidade nos investimentos em infraestrutura, como a instalação de mais pontos de recarga, e na criação de incentivos econômicos para aquisição de veículos elétricos e híbridos.

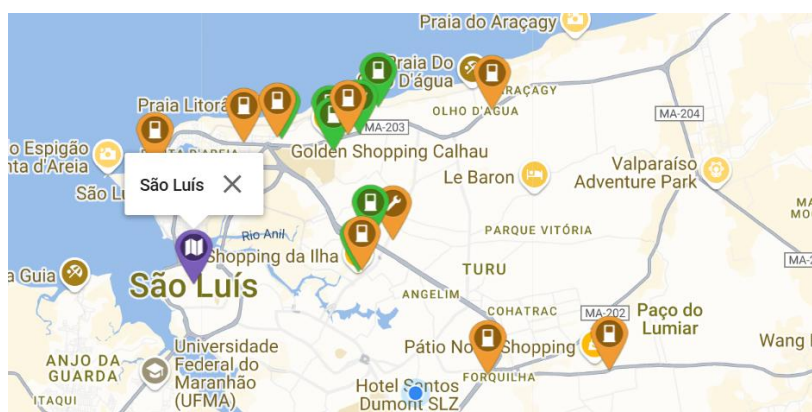
Além disso, a transição para uma mobilidade mais sustentável traz benefícios diretos, como a redução das emissões de gases poluentes, melhoria na qualidade do ar e

o incentivo à modernização da frota urbana. Com a continuidade dessa evolução, São Luís pode se tornar um exemplo regional no uso de tecnologias limpas no setor de transporte.

4.2. Infraestrutura da cidade - Atual cenário

De acordo com o aplicativo PlugShare, atualmente há 16 eletropostos disponíveis para recarga na cidade de São Luís. Dentre os públicos, destacam-se os localizados no Parque do Rangedor, Shopping da Ilha, na concessionária Volvo Original e São Luís Shopping. Já os eletropostos de acesso restrito mais frequentados estão presentes nas lojas Saga e Audi Center São Luís, todos eles contam com os principais tipos de conectores utilizados atualmente para recarga de VEs, na imagem a seguir ilustra a disposição deles no mapa da cidade.

Figura 16 – Eletropostos disponíveis na cidade de São Luís-MA.



Fonte: PlugShare (2025).

No Eletroposto Equatorial - Parque do Rangedor, há dois conectores Type 2, padrão bastante difundido para carregamento em corrente alternada (AC). O mesmo tipo de conector está disponível em apenas uma unidade no ponto de recarga da Volvo Original, localizado na Avenida dos Holandeses. Já no Shopping da Ilha e São Luís Shopping, primeiro eletroposto da Rota do Sol, a infraestrutura é mais abrangente, ambos oferecendo suporte para os conectores CCS2, quatro no Shopping da Ilha, representado na figura 16, e um no São Luís Shopping, e Type 2, ambos com uma unidade em cada local, além disso, o São Luís Shopping ainda possui um conector do tipo CHAdeMO, permitindo maior compatibilidade com diferentes modelos de veículos elétricos.

Figura 17 – Eletroposto do Shopping da Ilha.



Fonte: Autor (2025).

Para fazer a estimativa da capacidade diária desses eletropostos deve-se de adotar um tipo de veículo elétrico para ser usado de exemplo. Portanto, supondo que um carro elétrico modelo X da marca Y tenha uma bateria de 60 kWh, um carregador de nível 2 com uma potência de 7,2 kW e considerando que ele esteja completamente descarregado, usando a equação (1) encontra-se o tempo de carregamento do veículo em horas (h).

$$T = \frac{C_b}{P_c} = \frac{60}{7,2} = 8,3 \text{ h} \approx 8 \text{ h} \quad (3)$$

Como o modelo de veículo usado de exemplo é igual para todos os eletropostos, logo, o tempo de recarga deles será o mesmo.

Então, sabendo que o tempo de carregamento é 8,3 horas, com a equação (2) é possível calcular a capacidade máxima de veículos elétricos nos eletropostos. Por exemplo, sabe-se que a quantidade total de conectores da Loja Volvo Original é 1 Type 2, portanto quantidade de VEs que ela suporta por dia é dada por:

$$Q_{VE} = \left(\frac{24 \text{ h}}{8 \text{ h}} \right) \times 1 \approx 3 \text{ VEs} \quad (4)$$

A seguir, a tabela 1 mostra esses dados organizados com a capacidade total por dia dos eletropostos públicos e privados de São Luís.

Tabela 1 – Tipos de conectores disponíveis e Capacidade máxima de veículos elétricos nos eletropostos de São Luís.

Conectores disponíveis nos principais eletropostos de São Luís							
Eletropostos	Tipo de conectores				Capacidade		
	Type 2	CCS2	CHAdEMO	J-1772	Total de plugs	Tempo de recarga (h)	Cap máx. (Veíc. /dia)
Parque do Rangedor	2	0	0	0	2	8	6
Shopping da ilha	1	5	0	0	6	8	18
Loja Volvo Original	1	0	0	0	1	8	3
São Luís Shopping	1	1	1	0	3	8	9
VOLTZ - Emporio Península	0	2	0	0	2	8	6
BR - Galeria A	0	2	0	0	2	8	6
DrEnergia Br - Dr Home BR	1	0	0	1	2	8	6
ELETROPOSTO OLIVEIRA	0	2	0	0	2	8	6
Shopping do Automóvel	1	0	0	0	1	8	3
Dr Energia Br - Villa food	1	0	0	1	2	8	6
VOLTZ - olho d'agua	0	1	0	0	1	8	3
Potiguar Cohama	0	1	0	0	1	8	3
VOLTZ - Potiguar forquilha	0	1	0	0	1	8	3
VOLTZ - Terra ZOO maiobão	0	2	0	0	2	8	6
Amazônia Eletrovias	0	1	0	0	1	8	3
Domvel veículos	1	0	0	0	1	8	3
Total	9	18	1	2	30		90

Fonte: Autor (2025).

4.2.1. Análise da Infraestrutura de Carregamento de Veículos Elétricos em São Luís

A análise dos eletropostos de São Luís mostra que a infraestrutura de carregamento ainda é limitada em termos de disponibilidade de conectores e diversidade de tipos de carregadores. Atualmente, a maioria dos eletropostos conta apenas com conectores Type 2, com pouca oferta de conectores CCS2 ou CHAdEMO, o que restringe a compatibilidade com determinados veículos elétricos e pode resultar em tempos de espera mais longos para a recarga.

Os cálculos apresentados na Tabela 1 indicam que a capacidade máxima de veículos carregados por dia varia de 3 a 18 veículos, dependendo do número de conectores disponíveis em cada eletroposto e considerando um cenário de descarga total da bateria

com um arredondamento de 8 horas como tempo de recarga. Os principais fatores que influenciam essa capacidade incluem:

- Número de conectores disponíveis (n): Quanto maior a quantidade de plugs, maior a capacidade de atendimento do eletroposto;
- Tempo de carregamento (T): Considerando um tempo médio de recarga de 8 horas, a rotatividade dos veículos ao longo do dia é relativamente baixa, o que limita a quantidade total de veículos atendidos.

Se houver um aumento na demanda por carregamento, soluções como a expansão da infraestrutura de carregamento ou a implementação de sistemas de carregamento mais rápidos podem ser necessárias para evitar filas e tempos de espera excessivos.

A tabela 1 também revela que há uma diferença significativa na capacidade entre os eletropostos:

- O Shopping da Ilha possui a maior capacidade, podendo carregar até 18 veículos por dia, pois têm 4 e 5 conectores CCS2 e mais 1 Type 2;
- A Loja Volvo Original e o São Luís Shopping, com apenas 1 conector Type 2 cada, têm capacidade para carregar 3 veículos por dia nessa modalidade de conector, o que pode ser insuficiente caso a demanda seja maior, para carros com conector Type 2.
- O Parque do Rangedor atende no máximo 6 veículos com apenas 2 conectores do tipo Type 2.

Essa desigualdade pode gerar problemas de acesso para motoristas que dependem desses pontos de recarga com menor capacidade. Para melhorar a distribuição do serviço, políticas públicas e incentivos privados poderiam estimular a instalação de mais conectores nos eletropostos de menor capacidade.

Atualmente, São Luís possui 30 conectores divididos em 16 eletropostos, com uma média de 1,87 conectores por eletroposto, para atender uma frota de 1254 veículos elétricos e híbridos. Considerando que cada conector pode carregar, em média de 2 a 3 veículos por dia, a infraestrutura existente consegue abastecer entre 59 e 89 veículos por dia, o que representa entre 4,7% e 7,09% da frota total.

Isso indica que infraestrutura de carregamento é insuficiente, caso muitos veículos precisem recarregar no mesmo período, é provável que ocorram filas e tempos de espera elevados, dificultando a experiência dos motoristas e podendo até desestimular

a adoção de veículos elétricos. Importante ressaltar que essa é uma estimativa utilizada para efeito de comparação, existe a alternativa de carregamento residencial.

Considerando que a frota de veículos elétricos cresça nos próximos anos sem uma ampliação proporcional da infraestrutura de carregamento, a situação pode se tornar crítica. Por exemplo, se a frota dobrar para 2.508 veículos elétricos e híbridos, a demanda aumentaria significativamente, enquanto a capacidade dos eletropostos permaneceria a mesma. Isso resultaria em uma sobrecarga dos pontos de carregamento existentes, aumento dos tempos de espera e possível insatisfação dos usuários.

4.3. Comparativo entre a frota e infraestrutura de São Luís com a de outras cidades

A análise da infraestrutura de carregamento de veículos elétricos em São Luís evidencia desafios significativos quando comparada a cidades como São Paulo e Curitiba, que possuem redes de eletropostos mais robustas e mais bem distribuídas. Embora a capital maranhense apresente crescimento na frota de veículos elétricos sua infraestrutura de recarga ainda é bastante limitada, com apenas 16 eletropostos disponíveis, muitos dos quais localizados em estabelecimentos privados.

São Paulo, a cidade com maior frota de veículos elétricos no Brasil, conta com mais de 45 mil veículos eletrificados e uma rede de 2.000 eletropostos, distribuídos em locais públicos e privados. A cidade também dispõe de incentivos fiscais e projetos de expansão que facilitam a adoção de veículos elétricos e permitem deslocamentos urbanos e intermunicipais com maior comodidade. Além disso, há uma presença significativa de carregadores rápidos (CCS2 e CHAdeMO), o que aumenta a eficiência da rede de recarga.

Curitiba, com cerca de 5 mil veículos elétricos e híbridos, possui aproximadamente 500 pontos de recarga, incluindo estações rápidas em locais estratégicos como shoppings, supermercados e vias públicas. Assim como São Paulo, Curitiba vem investindo na expansão da infraestrutura e na implementação de políticas públicas para impulsionar a mobilidade elétrica.

Já São Luís, apesar de possuir uma frota em crescimento, ainda está muito atrás na oferta de pontos de recarga. Com apenas 16 eletropostos, a capacidade de atendimento diário fica entre 59 e 89 veículos, o que representa um percentual muito pequeno da frota eletrificada da cidade (4,7% a 7,09%). Além disso, a predominância de conectores Type 2 e a ausência de carregadores rápidos podem limitar a adoção de veículos elétricos, uma

vez que os motoristas enfrentam tempos de recarga longos e baixa disponibilidade de pontos públicos.

Para que São Luís consiga acompanhar esse crescimento e evitar um colapso na infraestrutura, medidas semelhantes às adotadas em São Paulo e Curitiba precisam ser ponderadas, incluindo:

- Expansão do número de eletropostos: A criação de novos pontos de recarga em locais estratégicos ajudaria a distribuir melhor a demanda;
- Aumento do número de conectores nos eletropostos existentes: Muitos eletropostos ainda possuem poucos conectores, o que limita sua capacidade total. Ampliar o número de plugs pode ser uma solução viável;
- Instalação de carregadores rápidos de nível 3 (DC): Como os carregadores permitem tempos de recarga menores, sua implementação pode aumentar a eficiência e permitir que um mesmo ponto atenda mais veículos ao longo do dia.
- Monitoramento da demanda: Acompanhar o crescimento da frota elétrica e a utilização dos eletropostos pode ajudar na tomada de decisões sobre onde e como expandir a infraestrutura;
- Incentivos fiscais para empresas e estabelecimentos comerciais que queiram investir na instalação de pontos de recarga;
- Políticas públicas de incentivo à eletromobilidade, como a criação de zonas urbanas com prioridade para veículos elétricos e a inclusão de eletropostos em projetos de mobilidade urbana.

5. CONCLUSÃO

Os desafios enfrentados pelos veículos elétricos ao longo da história permanecem relevantes na atualidade, como o alto custo das baterias, a eficiência comparativamente menor em relação aos veículos a combustão e a infraestrutura de recarga ainda insuficiente. No entanto, a crescente preocupação com questões ambientais e a escassez de combustíveis fósseis têm impulsionado o desenvolvimento dessa tecnologia, trazendo novas soluções e avanços.

No Brasil, os principais obstáculos para a popularização da mobilidade elétrica envolvem altas taxas na importação de veículos e componentes, a necessidade de investimentos em infraestrutura de recarga e a adequação da rede elétrica para suportar essa demanda crescente. Além disso, a ausência de um plano político estruturado dificulta a expansão desse setor, tornando essencial a implementação de regulamentações que tratem da tributação, do descarte de baterias e da definição de direitos e deveres dos usuários e prestadores de serviço.

A análise da frota de veículos elétricos e híbridos em São Luís-MA evidenciou um crescimento expressivo na aquisição de veículos elétricos e híbridos entre 2023 e 2024, passando de 258 para 883 unidades registradas a cada ano (DETRAN-MA, 2024). Esse avanço pode ser atribuído à maior oferta de modelos no mercado nacional e ao surgimento de novas estações de recarga (ABVE, 2024). No entanto, a infraestrutura de carregamento na cidade ainda é insuficiente, com apenas 16 eletropostos disponíveis, o que atende a uma parcela muito pequena da frota eletrificada.

A comparação com São Paulo e Curitiba reforça as limitações da capital maranhense no que se refere à infraestrutura de recarga. São Paulo, com mais de 45 mil veículos elétricos, dispõe de 2.000 eletropostos, além de incentivos fiscais e projetos para ampliação da rede de carregamento (MOBILIDADE SUSTENTÁVEL, 2022). Curitiba, com cerca de 5 mil veículos eletrificados, conta com 500 pontos de recarga, incluindo estações rápidas em locais estratégicos (FERREIRA; SILVA, 2023). Em contrapartida, São Luís enfrenta dificuldades na implementação de políticas públicas eficazes para incentivar esse mercado, o que pode comprometer a expansão da mobilidade elétrica na cidade.

A falta de carregadores rápidos, a distribuição desigual dos eletropostos e a ausência de incentivos fiscais são desafios que precisam ser superados. Se a frota

eletrificada continuar crescendo, a infraestrutura atual se tornará um gargalo, dificultando a adoção em larga escala dessa tecnologia. Nesse sentido, medidas como a expansão da rede de recarga, a diversificação dos tipos de conectores e a instalação de carregadores rápidos são essenciais para garantir a viabilidade da eletrificação da frota a longo prazo (FERREIRA, 2023).

Além dos investimentos em infraestrutura, a mobilidade elétrica precisa estar alinhada a um modelo energético sustentável. O Brasil possui uma matriz energética predominantemente renovável, o que representa uma oportunidade para abastecer os veículos elétricos com fontes limpas, como energia solar e eólica, reduzindo ainda mais a dependência de combustíveis fósseis (LIMA, 2023; EPE, 2023).

Diante desse cenário, conclui-se que a transição para a mobilidade elétrica em São Luís tem potencial para avançar, desde que sejam implementadas políticas públicas eficazes para incentivar a aquisição de veículos eletrificados, expandir a infraestrutura de recarga e promover o uso de fontes renováveis de energia. Além disso, é fundamental a conscientização da população sobre os benefícios ambientais e econômicos dos veículos elétricos. A inovação tecnológica, aliada a incentivos fiscais e ao engajamento do setor privado, pode transformar o panorama da mobilidade urbana na cidade, colocando São Luís em um caminho mais sustentável e alinhado às tendências globais.

6. REFERÊNCIAS

ALVES, F. H.; FRASCINO, I. S.; CHIMELLI, P. A. Veículos elétricos e tributação: a importância de instituir incentivos efetivos. [S. l.], 14 jun. 2022. p. 1. Disponível em: <https://www.levysalomao.com.br/publicacoes/boletim/veiculos-eletricos-e-tributacao-a-importancia-de-instituir-incentivos-efetivos>. Acesso em: 9 jul. 2023.

ALVES, R. C. Carregamento inteligente para veículos elétricos. 2023. 74f. Dissertação (Mestrado) –Tecnologias Sustentáveis, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Sustentáveis, Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2023. Disponível em: https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/4236/DISSERTA%c3%87%c3%83O_Carregamento_Inteligente_Ve%c3%adculos_El%c3%a9tricos.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 14 fev. 2025.

ANTUNES, P. D. R. Veículos elétricos: funcionamento e seus benefícios. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – [Nome do curso], [Nome da instituição], [Cidade], 2018. Disponível em: <https://www.unifacvest.edu.br/assets/uploads/files/arquivos/d74d7-antunes,-p.-d.-r.-veiculos-eletricos-funcionamento-e-seus-beneficios.-tcc,-2018.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO (ABVE). Eletrificados fecham 2022 com novo recorde. 2023. Disponível em: <https://abve.org.br/elettrificados-fecham-2022-com-novo-recorde-de-vendas/>. Acesso em: 12 nov. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO (ABVE). Estudo sobre o mercado de veículos elétricos no Brasil. 2024. Disponível em: <https://www.abve.org.br>. Acesso em: 12 jan. 2025.

BATISTA, Alexandre Kotchergenko. Subsídios a combustíveis fósseis: uma análise econômica. Dissertação de Mestrado, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.ie.ufrj.br/images/IE/PPED/Dissertacao/2019/Alexandre%20%20Kotchergenko%20Batista.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2025.

BARAN, R. A introdução de veículos elétricos no Brasil: avaliação do impacto no consumo de gasolina e eletricidade. 2012. Tese (Pós-graduação) - Fundação Universidade federal do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/10634/1/Doutorado_Renato%20Baran_P_PO_BD.pdf. Acesso em: 22 jun. 2023.

BARAN, R. Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil. BNDES, Congresso Brasileiro de Energia, ed. XIII, 2014. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1489/3/A%20BS%2033%20Ve%c3%adculos%20el%c3%a9tricos%20-%20hist%c3%b3ria%20e%20perspectivas%20no%20Brasil_P.pdf. Acesso em: 16 jun. 2023.

BENSEN. SAE J1772 vs IEC 62196: qual é a diferença? [S. l.: s. n.], 2024. Disponível em: <https://www.besen-group.com/pt/sae-j1772-vs-iec-62196-what-is-the-difference/#:~:text=O%20%20padr%C3%A3o%20SAE%20J1772%20%C3%A9%20pr>

edominantemente%20usado%20na%20Am%C3%A9rica%20do.Acesso em: 14 fev. 2025.

CACHÃO, D. F. B. Impacto técnico na ligação de carregadores de veículos elétricos às redes de distribuição em baixa tensão. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/45488#:~:text=T%C3%ADtulo:%20Impacto%20t%C3%A9cnico%20na%20liga%C3%A7%C3%A3o%20de%20carregadores%20de%20ve%C3%ADculos%20el%C3%A9tricos>. Acesso em: 14 fev. 2025.

CAETANO, J. V. A. Carregadores de veículos elétricos e seu impacto na qualidade da energia elétrica. 2021. 63f. Monografia (Graduação) –Graduação em Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021. Disponível em: [12https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/32110/1/CarregadoresVeiculosEletricos.pdf](https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/32110/1/CarregadoresVeiculosEletricos.pdf). Acesso em: 14 fev. 2025.

CASTRO, Bernardo Hauch Ribeiro de; FERREIRA, Tiago Toledo. Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades. BNDES Setorial, n. 32, set. 2010, p. 267-310, 2010. Acesso em: 16 fev. 2025.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). Pesquisa CNT de Rodovias 2023 reforça a importância de maior investimento na malha rodoviária. 2023. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/pesquisa-cnt-de-rodovias-2023-refora-a-importancia-de-maior-investimento-na-malha-rodoviria>. Acesso em: 20 fev. 2025.

DO NASCIMENTO MARTINS, Claudia. Infraestrutura de recarga de bateria e subsídios e incentivos fiscais: condições chave para a difusão do carro elétrico. Desenvolvimento em Debate, v. 4, n. 1, p. 35-55, 2016. Acesso em: 10 fev. 2025.

ELECTRICITY & MAGNETISM. Como calcular o tempo de carregamento para um veículo elétrico? Disponível em: <https://www.electricity-magnetism.org/pt-br/como-calcular-o-tempo-de-carregamento-para-um-veiculo-eletrico/>. Acesso em: 21 fev. 2025.

ENBIENTE. Fatores que influenciam o tempo de carregamento de um veículo elétrico. Disponível em: <https://enbiente.com/tempo-de-carregamento-de-um-ve/>. Acesso em: 21 fev. 2025.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética] Balanço Energético Nacional (BEN) 2023: Ano base 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>. Acesso em: 8 jul. 2023.

EQUATORIAL MARANHÃO. Equatorial lança oficialmente a “Rota do Sol” e inaugura Eletroposto do São Luís Shopping. Disponível em: <https://ma.equatorialenergia.com.br/2024/05/equatorial-lanca-oficialmente-a-rota-do-sol-e-inaugura-eletroposto-do-sao-luis-shopping/>. Acesso em: 12 jan. 2025.

ESTADÃO. Empresas apostam no avanço da eletromobilidade no Norte e Nordeste. 2023. Disponível em: <https://mobilidade.estadao.com.br/planeta-eletrico/empresas-apostam-no-avanco-da-eletromobilidade-no-norte-e-nordeste/>. Acesso em: 20 fev. 2025.

ETC ENERGY. Os 3 fatores que determinam a velocidade de recarga de Veículo Elétrico. Disponível em: <https://www.etc-energy.com.br/post/os-3-fatores-que-determinam-a-velocidade-de-recarga-de-ve%C3%ADculo-el%C3%A9trico>. Acesso em: 21 fev. 2025.

FERREIRA, J. P., & DIAS, M. J. (2022). Veículos Elétricos e Híbridos: História e Perspectivas para o Brasil. ETIS - Journal of Engineering, Technology, Innovation and Sustainability, 3(1), 40–54. Disponível em: <https://revistas2.unievangelica.edu.br/index.php/etis/article/view/386>. Acesso em: 17 fev. 2025

FERREIRA, Antônio Gustavo Lima. Impacto dos veículos elétricos nas infraestruturas elétricas e urbanas, otimização no carregamento e gerenciamento de tráfego: estudo de caso na cidade de Fortaleza. 2023. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023. Acesso em: 12 fev. 2025.

HABICH, Sabrina - Sobiegalla, Genia Kostka, Niklas Anzinger; Electric vehicle purchase intentions of Chinese, Russian and Brazilian citizens: An international comparative study, Journal of Cleaner Production, Volume 205, 2018, Pages 188-200, Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618326799>. Acesso em 9 jul. 2023.

HOYER, K. G. The History of Alternative Fuels in Transportation: The Case of electric and Hybrid Cars. Utilities Policy. S/I: Elsevier, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jup.2007.11.001>. Acesso em: 20 jul. 2023

IEA. International Energy Agency. Global EV Outlook 2021. International Energy Agency, 1 abr. 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>. Acesso em: 05 jul. 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Oil Market Report. IEA, 2023. Disponível em: www.iea.org. Acesso em: 7 jul. 2023.

Kraemer, RAS; Lodetti, PZ; Silva, ACd; Cardoso, BB; Vicente, I.; Martins, MAI; Simões, AdP; Spader, N. Desafios regulatórios no setor de eletromobilidade: uma análise dos ônibus elétricos no Brasil. Energias 2023, 16, 3510. <https://doi.org/10.3390/en16083510>. Acesso em: 12 fev. 2025.

LEWIS, S. (2020) Before-and-after photos show dramatic decline in air pollution around the world during coronavirus lockdown. CBS News, New York, 22 apr. 2020. Disponível em: <https://www.cbsnews.com/news/coronavirus-photos-decline-air-pollution-lockdown/>. Acesso em: 9 jun. 2023.

LIMA, J. F. M. Análise de viabilidade para o uso de veículos elétricos, com dimensionamento de posto de recarga para ônibus elétricos. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade) - Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufms.br:8443/retrieve/8fea0ef2-ac6a-4337-8db1-74ff445a1958/TCC%20FINAL_JM_ASSINADO.pdf. Acesso em: 15 jun. 2023.

MACHADO, S. D. Recuperando a mobilidade urbana pós pandemia com transporte público sustentável. ANPET, Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte, ed. 35,

2021. Disponível em: https://www.anpet.org.br/anais35/documentos/2021/Aspectos%20Econ%C3%B4micos%20Sociais%20Pol%C3%ADticos%20e%20Ambientais%20do%20Transporte/Transporte%20e%20Covid-19/1_84_AC.pdf. Acesso em: 12 jun. 2023.

MOBILIDADE SUSTENTÁVEL. Cidades que lideram o mercado de veículos elétricos no Brasil. 2022. Disponível em: <https://www.mobilidadesustentavel.com.br>. Acesso em: 12 jan. 2025.

MAGALHÃES, Jéssica de Lourdes Almeida; NOGUEIRA, Fernando José. Carros Elétricos e Uso Eficiente de Baterias. Caderno de Estudos em Engenharia Elétrica, v. 2, n. 2, 2020. Acesso em: 14 jan. 2025.

NEOCHARGE: Conheça os tipos de carros elétricos. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carro-eletrico/tipos-veiculos-eletricos>. Acesso em: 12 jun. 2023.

NEOCHARGE: Tipos de plugues e tomadas para carros elétricos. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carregador-carro-eletrico/tipo-conector-veiculo-eletrico>. Acesso em: 1 jul. 2023.

OSHIMA, Eduardo Issamu. Barreiras e facilitadores para a adoção de carros elétricos no brasil. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado Profissional em Gestão para competitividade) - Fundação Getúlio Vargas, 2023. https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/33670/Trabalho%20Final_EduardoOshima_T6_MPGC_Sustentabilidade_Final_Definitivo.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 6 jul. 2023.

PEREIRA, F. Gurgel Itaipu: há 46 anos, um brasileiro elétrico desafiava a gasolina. Revista Quatro Rodas, 25 maio 2021. Disponível em: <https://quatorrodas.abril.com.br/carrosclassicos/gurgel-itaipu-ha-46-anos-um-brasileiro-eletrico-desafiava-a-gasolina/>. Acesso em: 8 jul. 2023.

PLUGSHARE. Recargo, Inc. Versão 4.34.0. 2025. Disponível em: <https://www.plugshare.com>. Acesso em: 17 fev. 2025.

PNME – PLATAFORMA NACIONAL DE MOBILIDADE ELÉTRICA. 4º Anuário Brasileiro de Mobilidade Elétrica. 2024. Disponível em: <https://pnme.org.br/wp-content/uploads/2024/12/4o-anuario-brasileiro-mobilidade-eletrica.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2025.

POLESI, A. Eletrificados crescem 51% no 1º quadrimestre. Associação Brasileira do Veículo Elétrico, 8 maio 2023. Disponível em: <http://www.abve.org.br/?s=eletrificados+crescem+no+primeiro+quadrimestre>. Acesso em: 12 jun. 2023.

PORTAL SOLAR. Carro elétrico: tudo o que você precisa saber. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/carro-eletrico>. Acesso em: 16 fev. 2025.

PUPPAN, Daniel. Environmental evaluation of biofuels. Periodica polytechnica social and management sciences, v. 10, n. 1, p. 95-116, 2002. Acesso em: 14 fev. 2025.

POWER2GO. O que influencia o tempo de recarga de carros elétricos? Disponível em: <https://www.power2go.com.br/post/o-que-influencia-o-tempo-de-recarga-de-carros-el%C3%A9tricos>. Acesso em: 21 fev. 2025.

SANTOS, G. R. O impacto da eletromobilidade: veículos elétricos, meio ambiente e a Infraestrutura energética do Brasil. *South American Development Society Journal*, v. 07, n. 21, p. 238-253, 10 dez. 2021. Disponível em: <http://www.sadsj.org/index.php/revista/article/view/467/406>. Acesso em: 1 jul. 2023.

SANTOS, R. M. dos; RODRIGUES, M. de S.; CARNIELLO, M. F. ENERGIA E SUSTENTABILIDADE: PANORAMA DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA. *Scientia: Revista Científica Multidisciplinar*, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 13–33, 2021. Disponível em: <https://homologacao.revistas.uneb.br/index.php/scientia/article/view/9396>. Acesso em: 8 jul. 2023.

SANTOS, Wellinson Costa dos et al. Aplicação de baterias chumbo-ácido para veículos elétricos híbridos. 2015. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2015. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/18579>. Acesso em: 15 fev. 2025.

SÃO LUÍS. Lei Municipal nº 7.305, de 2 de maio de 2023. Dispõe sobre a obrigatoriedade de prever soluções para carregamento de veículos elétricos em edifícios residenciais e comerciais e dá outras providências. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=449434>. Acesso em: 12 jan. 2025.

SCHWERTNER, C. D. Uma metodologia para o estudo da eficiência energética em veículos elétricos e estações de recarga em eletropostos. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/12562/TCCE_EEAPP_EaD_2017_SCHWERTNER_CHRISTOFFER.pdf?sequence=4&isAllowed=y. Acesso em: 22 jun. 2023.

SILVA, Amanda Roberto da. Análise termodinâmica de baterias utilizadas em veículos elétricos. 2023. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/24350>. Acesso em: 15 fev. 2025.

SILVA, H. F. B. Veículos elétricos: as tecnologias disponíveis em 2023. 50f. Monografia (Graduação) –Departamento de Engenharia Elétrica, Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grandes, 2023. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/37230#:~:text=Em%20um%20segundo%20momento%20%C3%A9%20realizada%20uma%20an%C3%A1lise%20as%20tecnologias>. Acesso em: 14 fev. 2025.

SOLIS ENERGIA. Projetos Grid-Tie. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://solisenergia.com.br/solucao/servico-1/>. Acesso em: 9 jul. 2023.

SOUZA, Scárlety Lemos. Análise das equações de indutância e resistência utilizando o conceito de energia sem fio para aplicação em carros elétricos. 2017. 26 f. Projeto de

Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Aeronáutica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Acesso em: 14 jan. 2025.

TAVARES, Nicolas. Conectores de recarga: quais são os tipos que existem. INSIDEEVS, 2019. Disponível em: <https://insideevs.uol.com.br/features/379522/conector-tomada-recarga-tipos/>. Acesso em: 14 jun. 2023.

TUPINAMBÁ, Energia. Reciclagem de Bateria de Carro elétrico. 2023. Disponível em: <https://tupinambaenergia.com.br/reciclagem-bateria-carro-eletrico/>. Acesso em: 8 jul. 2023.

UOL, 2018. 5 incentivos da Europa para carros elétricos que o Brasil pode adotar. Disponível em: < em <https://www.uol.com.br/carros/noticias/redacao/2018/12/16/cinco-incentivos-da-europa-para-carros-eletricos-que-o-brasil-pode-adotar.htm>>. Acesso em: 7 jul 2023.

UVE – ASSOCIAÇÃO DE UTILIZADORES DE VEÍCULOS ELÉTRICOS. Tipos de veículos elétricos. Disponível em: <https://www.uve.pt/page/tipo-de-veiculos-eletricos/>. Acesso em: 16 fev. 2025.

VOOLTA. Tipos de Carros Elétricos: BEV, PHEV e HEV – Qual Escolher? Disponível em: <https://voolta.com.br/blog/tipos-de-carros-eletricos-bev-phev-hev/>. Acesso em: 19 fev. 2025.

WESTBROOK, M.H., 2001. The Electric Car: Development and Future of Battery, Hybrid and Fuel-Cell Cars. Society of Automotive Engineers Inc., Warrendale, PA, USA. Acesso em: 14 jul. 2023.

WRI BRASIL. 10 conclusões do relatório do IPCC sobre mudanças climáticas de 2023. 2023. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/10-conclusoes-do-relatorio-do-ipcc-sobre-mudancas-climaticas-de-2023>. Acesso em: 20 fev. 2025.

WRI BRASIL. Incentivos tributários podem fomentar transição para ônibus elétricos a bateria no Brasil. WRI Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/incentivos-tributarios-podem-fomentar-transicao-para-onibus-eletricos-bateria-no-brasil>. Acesso em: 13 fev. 2025.