



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

Faculdade de Engenharia e Ciências

Câmpus de Rosana

ANDRÉ RODRIGUES TEODORO

**A importância da eletricidade na mobilidade urbana: uma análise dos benefícios,
oportunidades e desafios**

Rosana - SP
2024

André Rodrigues Teodoro

**A importância da eletricidade na mobilidade urbana: uma análise dos benefícios,
oportunidades e desafios**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenadoria de Curso de Engenharia de
Energia do Campus Experimental de Rosana,
Universidade Estadual Paulista, como parte
dos requisitos para obtenção do diploma de
Graduação em Engenharia de Energia.
Orientador(a): Prof. Dr. José Francisco
Resende da Silva

T314i

Teodoro, André Rodrigues

A importância da eletricidade na mobilidade urbana : uma análise dos benefícios, oportunidades e desafios / André Rodrigues Teodoro.

-- Rosana, 2024

52 p. : il., tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Energia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciências, Rosana

Orientador: José Francisco Resende da Silva

1. Mobilidade urbana. 2. Veículos elétricos. 3. Eficiência energética. 4. Desenvolvimento urbano. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciências, Rosana. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus Experimental de Rosana

ANDRÉ RODRIGUES TEODORO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA DE ENERGIA"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

Prof. Dr. Leandro Ferreira

Pinto

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. José Francisco Resende da Silva
Orientador/UNESP-Rosana

Prof. Dr. Kleber Rocha de Oliveira
UNESP-Rosana

Prof. Dr. Maria Claudia Costa De Oliveira Botan
UNESP-Rosana

Junho de 2024

dedico este trabalho
de modo especial, à minha família

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, expresso minha profunda gratidão a Deus. Reconheço que todas as minhas conquistas e realizações foram possíveis devido às oportunidades que Ele me proporcionou e à força que Ele me concedeu nos momentos de dificuldade ao longo da minha jornada.

Agradeço imensamente à minha família, composta por Dorcas Rodrigues, Amanda Lorany e Luiz Claudio. Suas presenças e apoio incondicional foram fundamentais para o alcance das minhas metas. Mesmo diante das adversidades, eles sempre estiveram ao meu lado, testemunhando o meu esforço e oferecendo auxílio, mesmo quando parecia impossível.

Expresso minha sincera gratidão aos meus amigos, Pablo André, Ryan Gonçalves, Maycon Tcharly, João Victor Toni e João Lucas Berti. Com eles, compartilhei momentos de grande alegria e superação, e sei que sempre poderei contar com seu apoio e companheirismo vocês sempre serão os pros...

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Francisco Resende da Silva, manifesto minha profunda gratidão. Sua orientação foi fundamental para o meu crescimento acadêmico e profissional, sempre incentivando e orientando com sabedoria ao longo do meu percurso na graduação.

Por fim, expresso minha gratidão à universidade, pela estrutura e apoio que me foram fornecidos ao longo da minha jornada acadêmica. Agradeço por proporcionarem um ambiente propício ao aprendizado e crescimento pessoal, contribuindo significativamente para minha formação.

“Eu, de qualquer forma, estou convencido de que Deus não joga dados”

Albert Einstein

RESUMO

Com a industrialização e o aumento exponencial da população, houve um crescimento acelerado da urbanização, resultando na transição do meio rural para o meio urbano. Estima-se que até 2030, mais da metade da população mundial terá realizado essa transição, embora muitas cidades tenham crescido sem planejamento adequado e com infraestrutura precária, dificultando a mobilidade urbana. A mobilidade urbana envolve a capacidade de deslocamento dentro das cidades, impactando diretamente a qualidade de vida dos cidadãos. Problemas como congestionamento, poluição e falta de segurança afetam principalmente as famílias mais vulneráveis, que muitas vezes precisam de várias horas para se deslocar. Diante desses desafios, diversas estratégias estão sendo adotadas para melhorar a mobilidade urbana. No Brasil, a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) visa monitorar e promover melhorias nesse setor. O Acordo de Paris de 2015 reforçou a necessidade de combater as mudanças climáticas, com a mobilidade urbana sendo um dos principais focos devido às emissões de gases do efeito estufa. A eletrificação dos meios de transporte surge como uma alternativa importante para atingir essas metas, promovendo a mobilidade urbana sustentável ao reduzir emissões e melhorar a eficiência energética dos veículos. Veículos elétricos (VEs) apresentam benefícios significativos, como menor impacto ambiental, melhor eficiência energética e custos reduzidos de manutenção. O desenvolvimento de infraestruturas de recarga e o aumento do uso de fontes renováveis de energia são essenciais para a transição para a mobilidade elétrica. Apesar dos benefícios, desafios como o alto custo de aquisição e a necessidade de melhorias na infraestrutura de recarga ainda persistem. Este estudo tem como objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre a transição para a mobilidade elétrica, discutindo soluções para seus desafios e analisando os impactos na mobilidade urbana.

PALAVRAS-CHAVE: Mobilidade urbana. Veículos elétricos. Eficiência energética. Desenvolvimento urbano.

ABSTRACT

With industrialization and the exponential increase in population, there has been accelerated urban growth, resulting in the transition from rural to urban areas. It is estimated that by 2030, more than half of the world's population will have made this transition, although many cities have grown without adequate planning and with precarious infrastructure, making urban mobility difficult. Urban mobility involves the ability to move within cities, directly impacting the quality of life of citizens. Problems such as congestion, pollution, and lack of safety mainly affect vulnerable families, who often need several hours to travel. Given these challenges, various strategies are being adopted to improve urban mobility. In Brazil, the National Urban Mobility Policy (PNMU) aims to monitor and promote improvements in this sector. The 2015 Paris Agreement reinforced the need to combat climate change, with urban mobility being one of the main focuses due to greenhouse gas emissions. The electrification of transportation means emerges as an important alternative to achieve these goals, promoting sustainable urban mobility by reducing emissions and improving the energy efficiency of vehicles. Electric vehicles (EVs) offer significant benefits, such as lower environmental impact, better energy efficiency, and reduced maintenance costs. The development of charging infrastructures and the increased use of renewable energy sources are essential for the transition to electric mobility. Despite the benefits, challenges such as the high acquisition cost and the need for improvements in charging infrastructure still persist. This study aims to conduct a bibliographic survey on the transition to electric mobility, discussing solutions to its challenges and analyzing the impacts on urban mobility.

KEYWORDS: Urban mobility. Electric vehicles. Energy efficiency. Urban development.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tipos de veículos elétricos.....	17
Figura 2- Produção, venda e posse de VENs na China (2015-2021)	19
Figura 3 - Mapa do Sistema Interligado Nacional (SIN)	21
Figura 4 - Matriz elétrica do Brasil 2024	22
Figura 5 - Oferta Interna de Energia no Brasil – 2022 (%).	23
Figura 6 - Quem usa a energia no Brasil	24
Figura 7 - Consumo de energia no setor de transporte do ano 2022	24
Figura 8 - Participação das fontes energética na indústria Brasileira 2022.....	25
Figura 9- Benefícios da rede inteligente.....	27
Figura 10- Emissões de GEE em 2022	29
Figura 11 - Intensidade das emissões 2005 a 2022 (em %).	29
Figura 12 - Carro, ônibus ou bicicleta, espaços nas vias	30
Figura 13- Tipos de veículos alternativos e suas normas	32
Figura 14 - SCADA.....	33
Figura 15- Fluxograma da modelagem bottom-up	36
Figura 16- Cenários simulados	37
Figura 17 - Carro elétrico JAC E-JS1.....	39
Figura 18-Dolphin Mini	39
Figura 19- GWM Ora 03 Skin Copacabana	40
Figura 20- Pontos de recarga	41

LISTA DE SÍMBOLOS

ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Contratação Regulada
AMI	Advanced Metering Infrastructure
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEM	Balanço Energético Nacional
BEV	Veículos Elétricos de Bateria
CA	Corrente alternada
CAPEX	Despesas de Capital
CC	Corrente contínua
CFE	Consumo Final de Energia
CPMC	Custo Ponderado Médio de Capital
Epe	Empresa de Pesquisa Energética
FCEV	Veículos Elétricos de Célula de Combustível
GD	Geração Distribuída
GEE	Gases do efeito estufa
GT ZEBRA	Zero Emission Bus Rapid-deployment Accelerator
GW	Gigawatts
HEV	Veículos Híbridos
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IoT	Internet das Coisas
KV	Kilovolt
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt-hora
MME	Ministério de Minas e Energia
Mtep	Milhões de toneladas equivalentes de petróleo
NOS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OIE	Oferta Interna de Energia
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
OPEX	Despesas Operacionais
PHEV	Veículos Híbridos Plug-in
PIB	Produto Interno Bruto
PNMU	Política Nacional de Mobilidade Urbana

REI	Rede inteligente
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SIN	Sistema Interligado Nacional
TCO	Custo Total de Propriedade
TIR	Taxa Interna de Retorno
VE	Veículos elétricos
VENs	Veículos Elétricos Novos
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 EVOLUÇÃO DA MOBILIDADE ELÉTRICA.....	16
3.2 TIPO DE VEÍCULOS ELÉTRICO	17
3.2.1. Ponto de carregamento	18
3.2.2. Baterias	18
3.3. POLÍTICAS E INCENTIVOS GOVERNAMENTAIS	18
3.4. SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL	20
3.5. MATRIZ ELÉTRICA E ENERGÉTICA	21
3.5.1. Matriz elétrica.....	21
3.5.2 Matriz energética.....	22
3.6. FONTES DE ENERGIA E SETORES CONSUMIDORES	23
3.7. CIDADES INTELIGENTES.....	25
3.8. REDES INTELIGENTES	26
3.9. SCADA.....	27
3.10 MERCADO LIVRE DE ENERGIA	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1. IMPACTOS AMBIENTAIS ECONÔMICOS E SOCIAIS	28
4.2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO MOTORES ELÉTRICOS	31
4.3. TRANSPORTES ALTERNATIVOS.....	31
4.4. INDEPENDÊNCIA ENERGETICA.....	32
4.5. OPORTUNIDADES.....	33
4.6. ESTUDO DE CASO: Estudo de caso para a introdução de ônibus elétricos	34
no município do Rio de Janeiro	34
4.6. BARREIRAS E DESAFIOS	38
4.7. ALTO INVESTIMENTO.....	38
4.8. DESIGN	40
4.9. AUTONOMIA DOS VEÍCULOS.....	41
4.10. BATERIA DE TIPOS DE CARREGAMENTO.....	41
4.10.1 Tempo de recarga	42
4.11. AUMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	42

5. CONCLUSÃO.....	44
6. REFERÊNCIAS	45

1.INTRODUÇÃO

Com a industrialização e aumento exponencial populacional, sucedeu um crescimento acelerado da urbanização. Iniciou-se, então, a transição do meio rural para o meio urbano, impulsionado por uma esperança de obter empregos melhores e uma melhora na qualidade de vida. Estima-se que mais da metade da população realizara essa transição até 2030, entretanto esse crescimento desenfreado ocorreu sem um planejamento adequado, com uma infraestrutura precária. Com o decorrer do tempo, muitos observaram que deslocar-se de um lugar para outro requer um tempo significativo (FGV PROJETOS, 2014).

Mobilidade urbana trata-se da capacidade de deslocamento do indivíduo em uma área urbana, tendo uma relação direta de cidadão, que utilizaram algum tipo de meio de locomoção, escolhendo o que mais o convém, e entidades, como empresas de transporte. Essas entidades têm como objetivo fornecer meios de locomoção, assim como planejamento, estrutura (VACCAIRI, 2016).

Segundo a perspectiva de Carvalho (2016), a mobilidade urbana não se trata apenas de uma forma de locomoção, e discute as consequências na qualidade de vida do indivíduo, fatores como congestionamento, poluição atmosférica e sonora, falta de segurança, afeta diariamente o bem estar dos cidadãos, tendo um maior impacto nas famílias mais fragilizadas, pois estão distantes dos grandes centros urbanos, sendo necessário utilizar vários meios de locomoção para realizar uma tarefa cotidiana, podendo levar horas para chegar ao seu destino.

Diante desses preceitos, países pensam em estratégias para melhorar a mobilidade, cidades em desenvolvimento e que estão em planejadas e até mesmo em constante crescimento, no Brasil, tem A Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), Lei Federal nº 12.587 de 2012 e modificada pela Lei nº 14.000 de 2020, que tem como objetivo monitorar a evolução da mobilidade urbana (Ministério das Cidades, 2023). Em 2015, de acordo com Exame (2023), foi realizado o Acordo de Paris, sendo um compromisso que 195 países assinaram, com o intuito de combater as mudanças climáticas, principalmente mobilidade urbana, sendo um dos principais causadores de emissões de gases do efeito estufa (BRASIL, 2012).

Este conceito de mobilidade urbana sustentável ficou ainda mais em evidência, tendo como foco no bem social, econômico e ambiental, oferecendo meios de locomoção eficientes, considerando a escassez dos recursos naturais, utilização e descarte (COSTA, 2008).

A eletrificação dos meios de transporte, vem como uma alternativa, acatar as metas estabelecidas, sendo um tópico de fundamental importância nas smart city. A finalidade da

mobilidade elétrica, é utilizar veículos elétricos (VE), com o intuito de haver uma redução nas emissões de gases do efeito estufa (GEE) e material particulado, pois ao invés de estar se locomovendo em um veículo a combustão interna, está utilizando um veículo com um menor impacto ao meio ambiente (MALUF, 2019).

Veículos elétricos (VE) mesmo que tenha uma flexibilidade menor que um motor a combustão interna, apresenta uma melhor eficiência energética, em torno de 41,5% a mais quando comparado ao motor de combustão interna, além de conter menos peças móveis, consequentemente reduzindo o ruído e um custo inferior em sua manutenção (LIMA et al, 2019). Para um veículo ser considerado um veículo elétrico (VE) é preciso que sua propulsão seja realizada por um motor elétrico (MORAIS, et al, 2016).

Nesse contexto setores promissores se desenvolvem em conjunto com essa transição, como o crescimento de empresas automotivas e novas surgindo no mercado, aumento de acordos de cooperação de empresas, desenvolvimento de infraestrutura de recargas, melhora de software, outro tópico de grande relevância, é a expansão no setor energético, visto que a um aumento de consumo de energia elétrica, assim fontes renováveis ampliaram sua participação na matriz elétrica do país, sendo que as baterias dos veículos elétricos podem servir como fonte de armazenamento de energia para a rede elétrica, proporcionando uma melhor confiabilidade na rede (PORCHERA et al, 2023).

Todavia, há desafios consideráveis na transição de veículos a combustão para os VE's. Quando um indivíduo vai adquirir um carro, ele é influenciado por diversos fatores, como preço, manutenção, combustível, estética, valor de revenda, entre outros. Por ser uma tecnologia que está em constante mudança e ter uma produção baixa quando comparada aos veículos de combustão, seu preço de aquisição se torna alto. Em termos de manutenção, apesar de ser mais economicamente viável, o preço da bateria equivale a uma boa parcela do veículo, o que causa um certo desconforto. O carregamento da bateria consome uma grande quantidade de tempo, sendo necessário realizar adaptações em sua moradia devido à falta de infraestrutura de recarga nas cidades (DOMINGOS, 2018).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é analisar de forma abrangente a importância da eletricidade na mobilidade urbana, destacando os benefícios ambientais, econômicos e sociais associados à sua adoção, e explorar as tendências futuras deste setor. Esse estudo tende a entender que os impactos dessa mudança na sociedade, em que essa mudança contribui para o meio-ambiente, eficiência energética, qualidade de vida das cidades como um todo, além de identificar desafios e oportunidades que é demonstrada nessa transição.

2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Avaliar os benefícios ambientais da eletrificação da mobilidade urbana.
- Analisar os benefícios econômicos associados à adoção de veículos elétricos.
- Investigar os benefícios sociais da mobilidade elétrica.
- Identificar os principais desafios e barreiras para a implementação da mobilidade elétrica nas áreas urbanas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 EVOLUÇÃO DA MOBILIDADE ELÉTRICA

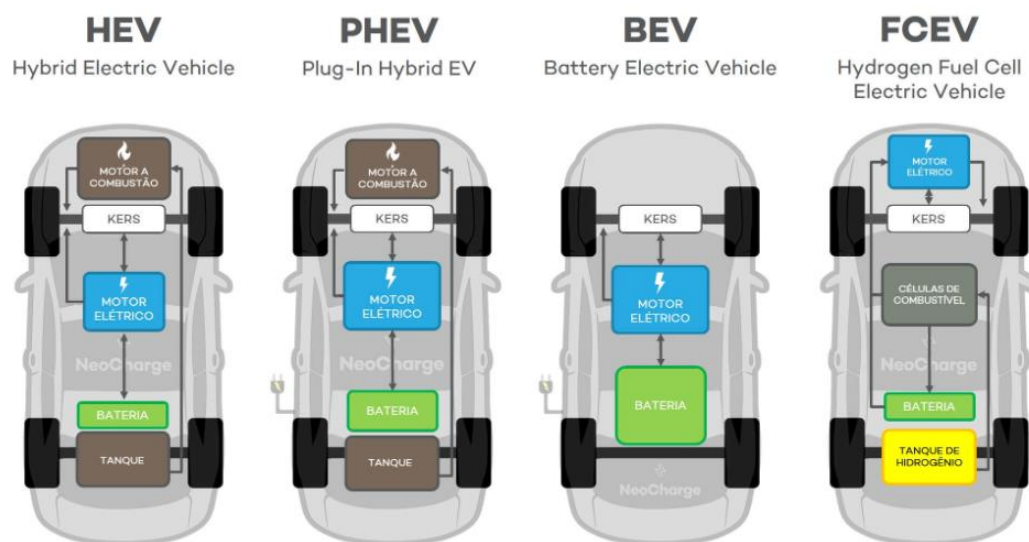
A mobilidade elétrica teve início no século XVIII, quando diversos países buscavam desenvolver veículos elétricos. O primeiro carro elétrico foi produzido nos EUA em 1891 e, em cerca de 10 anos, sua popularidade cresceu a ponto de representar mais de 30% dos veículos nas ruas, superando os carros movidos a gasolina. No entanto, com a construção de postos de combustível e a expansão das grandes rodovias que conectam todo o país, além da descoberta do petróleo no Texas, o custo da gasolina foi reduzido. Os carros elétricos, com baixa autonomia e quase nenhuma infraestrutura de carregamento (já que poucas áreas tinham acesso à energia elétrica fora das grandes cidades), acabaram desaparecendo do mercado. Somente na década de 90, as pesquisas e o retorno dos veículos elétricos foram reintroduzidos na discussão, impulsionados pelas questões climáticas e pela recente crise do petróleo (MUSEU WEG, 2019). Atualmente, os veículos elétricos estão cada vez mais presentes nas ruas, devido a diversos fatores, como melhorias na mobilidade, aumento na infraestrutura de

recarga rápida e a redução no preço das baterias. De forma geral, muitos países estão implementando políticas de incentivo para esses veículos (VOOLTA, 2023).

3.2 TIPO DE VEÍCULOS ELÉTRICO

Os veículos elétricos podem ser categorizados em quatro grupos principais. O primeiro grupo, denominado BEV (Veículos Elétricos de Bateria), é composto por veículos do qual o combustível é energia elétrica e necessita ser abastecido por uma fonte externa, que recarrega uma bateria e, conseqüentemente, o motor elétrico. O segundo grupo, HEV (Veículos Híbridos), possui como motor principal o de combustão. Este grupo utiliza um motor elétrico em combinação com o motor principal para melhorar o desempenho e autonomia. O terceiro grupo, PHEV (Veículos Híbridos Plug-in), funciona de maneira semelhante ao HEV, com o motor principal sendo a combustão. A diferença é que os veículos PHEV podem funcionar apenas com o motor elétrico, durante um tempo. Por fim, o grupo FCEV (Veículos Elétricos de Célula de Combustível) é um veículo que utiliza uma célula combustível para gerar eletricidade e movimentar o carro como ilustra a figura 1 (DELGADO et al., 2017).

Figura 1 - Tipos de veículos elétricos



Fonte: NeoCharge, 2024.

3.2.1. Ponto de carregamento

Os pontos de carregamento têm a função de fornecer ao condutor dos VE's conveniência e confiabilidade no decorrer do dia. Existem três tipos de posto de carregamento: posto de carregamento portátil, utilizado quando há uma gama de pontos de recarga, o que possibilita percorrer uma distância maior e oferece melhor flexibilidade; carregamento em parede, o mais comum e utilizado, pois proporciona maior conforto, uma vez que está fixo em um local, não sendo necessário transportá-lo ou configurá-lo. Entretanto, é necessário ter um investimento maior em relação ao carregamento portátil. O carregamento em poste é outro tipo de carregamento, utilizado por empresas (postos de gasolina, centros comerciais) que têm como objetivo fornecer esse tipo de serviço de carregamento (PINTO et al, 2019).

3.2.2. Baterias

As baterias são componentes de suma importância para os veículos elétricos (VEs), tendo como função armazenar energia elétrica para alimentar o motor elétrico. A bateria exerce grande influência na autonomia do veículo, no preço e na vida útil do carro. Existem diversos modelos de baterias, e cada tipo possui uma função específica. As baterias mais conhecidas atualmente são as baterias de íon de lítio (Li-ion), caracterizadas por sua alta densidade de carga. Isso significa que é possível armazenar uma quantidade maior de energia em relação ao seu peso e tamanho. Além disso, essas baterias podem ser recarregáveis e utilizadas em diversos aparelhos, como celulares e notebooks. Muitos veículos elétricos estão adotando essas baterias devido à sua eficiência. As baterias de chumbo-ácido também são amplamente utilizadas em veículos devido ao seu baixo custo. No entanto, sua utilização tem caído em desuso devido à presença de elementos tóxicos em sua composição. Em comparação com as baterias de íon de lítio, as baterias de chumbo-ácido são menos eficientes e significativamente mais pesadas (SOUSA, 2023).

3.3. POLÍTICAS E INCENTIVOS GOVERNAMENTAIS

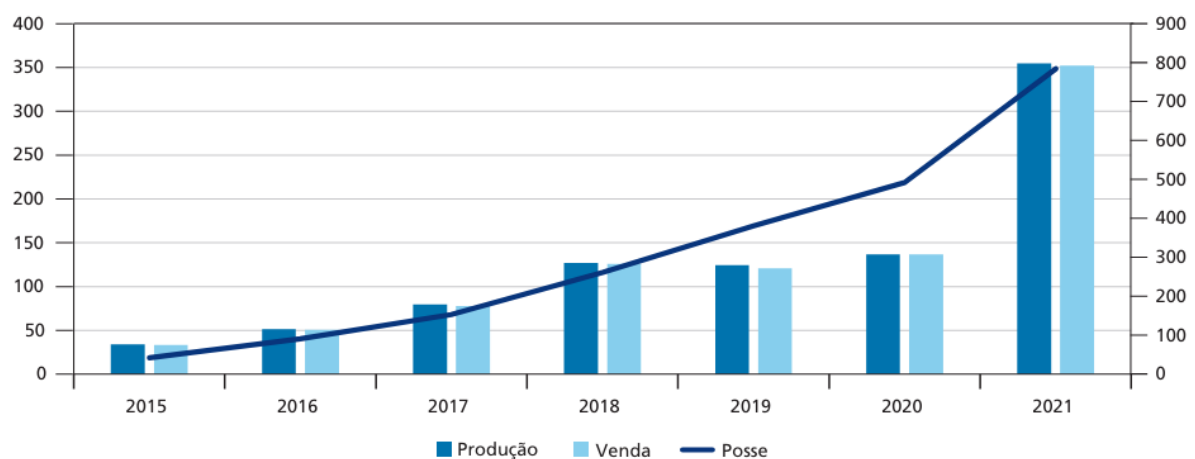
As políticas públicas desempenham um papel fundamental na governança de uma sociedade, uma vez que seu objetivo primordial é promover o bem comum. A busca pela redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) tem impulsionado a procura por meios de transporte mais eficientes e com menor impacto ambiental, como os veículos elétricos

(VEs). No entanto, ainda existem diversas barreiras a serem superadas nessa área. Portanto, as políticas públicas têm a função de auxiliar ao comprometimento desses objetivos, por meio de incentivos, acordos e regulamentações adequadas (SILVA, 2018).

Incentivos financeiros governamentais podem ser aplicados de várias formas, sendo uma redução direta na compra dos VE's, reduzindo o imposto e investimentos na instalação de estações de recarga, conceito apresentado por Moraes (2016), países Europeus, estão implementando ferramentas de incentivos para adoção dos veículos elétricos, que consequentemente ocasionando em uma fomentação no mercado nos últimos anos (MORAIS, 2016).

Com base nesses princípios, muitos países não querem perder a oportunidade de negócio, já que grandes potências disputam para dominar um mercado em constante desenvolvimento, como os Estados Unidos, Japão e China. Esses países desenvolveram metas e medidas para a implementação de VEs. Desde 2009, o governo chinês vem implementando políticas de incentivo, começando no setor público e posteriormente se expandindo para o privado. Foi estipulada uma redução desses subsídios em 30% até 2022. Mesmo com essa redução, houve um aumento no consumo de veículos elétricos, porém de forma mais gradual, isto é possível ser compreendido na figura 2 (BISPO et al, 2023).

Figura 2- Produção, venda e posse de VENs na China (2015-2021)



Fonte: BISPO et al, 2023.

*Nota: Em 10 mil unidades.

Nas últimas duas décadas, o Brasil testemunhou um aumento significativo na publicação de artigos relacionados à mobilidade elétrica, (CONSONI et al., 2018).

Entretanto, as práticas de incentivo do governo ainda são inexpressivas em comparação a outros países. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) aprovou uma

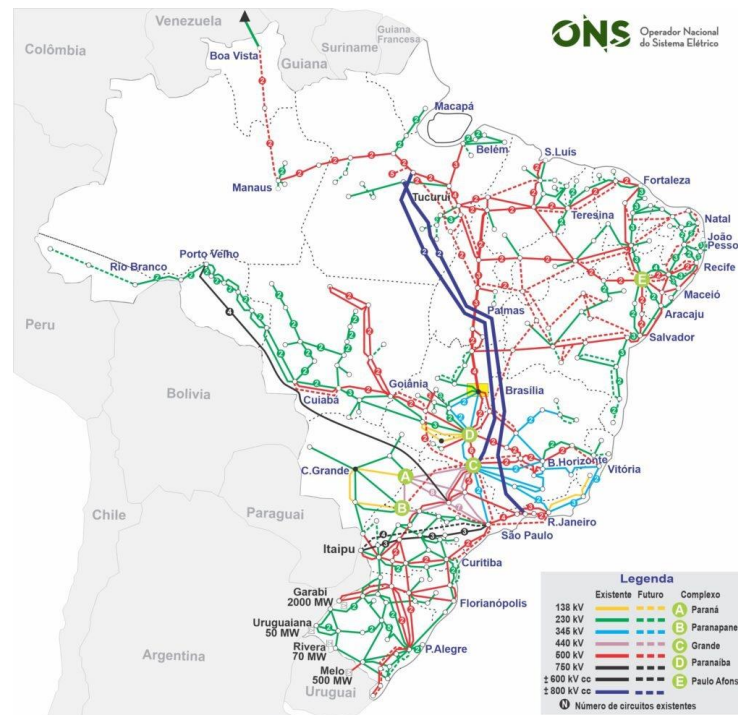
regulamentação para o carregamento de veículos elétricos, conhecida como normativa nº 819/2018. Posteriormente, essa norma foi revogada com a aprovação de outra normativa, a Normativa nº 1.000/2021, que é de fundamental importância e tem como objetivo garantir que o consumidor de energia elétrica não seja prejudicado pelos postos de carregamento de veículos elétricos e evitar possíveis interferências na rede de energia elétrica. Com essa nova normativa, é possível que qualquer pessoa ou até mesmo empresas possam fornecer serviços de recarga de veículos elétricos, assim como a distribuidora de energia pode optar por realizar a instalação de pontos de recarga em sua área (ANEEL, 2022).

Em maio de 2022, foram aprovados incentivos para pesquisa e desenvolvimento de veículos elétricos por meio do Projeto de Lei nº 6.020/2019, também conhecido como Rota 2030 - Mobilidade e Logística. Esse projeto de lei visa resolver problemas cotidianos como trânsito, poluição sonora e questões logísticas, incentivando o uso de veículos com menor impacto ambiental. Consequentemente, pretende-se impulsionar a economia do país alinhada às tendências globais e atrair investidores para o futuro (AMARAL, 2023).

3.4. SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL

O Sistema Interligado Nacional (SIN) é um sistema hidrotérmico que combina fontes hidrelétricas e térmicas, formando uma rede que conecta a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica em todo o país. O SIN tem o objetivo de fornecer confiabilidade ao sistema elétrico; caso ocorra um problema em uma região que comprometa o fornecimento, o SIN é capaz de suprir essa demanda, trazendo energia de outra região. O sistema é controlado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e fiscalizado e regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO).

Figura 3 - Mapa do Sistema Interligado Nacional (SIN)



Fonte: eW EcoBank, 2024.

Na Figura3, é possível observar o Sistema Interligado Nacional (SIN) expandindo-se para várias regiões do Brasil. As linhas pontilhadas representam as linhas projetadas para o ano de 2024. O sistema está constantemente se expandindo e se aperfeiçoando. O SIN terá um aumento de 4 km em linhas de transmissão, sendo que grande parte dessa extensão será de 230 kV (eW EcoBank, 2024).

3.5. MATRIZ ELÉTRICA E ENERGÉTICA

3.5.1. Matriz elétrica

Segundo dados da ANEEL, mais de 80% da matriz elétrica do Brasil é composta por fontes renováveis. O país atingiu a meta de 200 gigawatts (GW) de potência instalada e, para 2024, prevê-se um crescimento de 10 GW na capacidade de geração de energia (ANEEL, 2024).

Figura 4 - Matriz elétrica do Brasil 2024



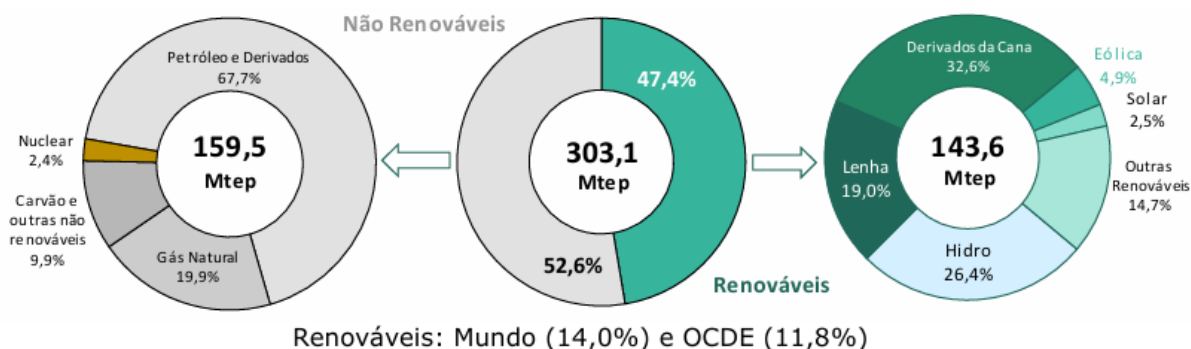
Fonte: ANEEL, 2024.

A partir da figura 4 as três principais fontes de energia são: hídrica (54,22%), eólica (15,12%) e gás natural (8,84%). No entanto, devido ao crescimento das fontes de energia, como a biomassa e a solar, estas logo ultrapassaram o gás natural (ANEEL, 2024).

3.5.2 Matriz energética

O Ministério de Minas e Energia (MME) divulgou dados sobre a matriz energética referentes ao ano de 2022. Esses dados são utilizados para analisar o sistema como um todo, facilitando as futuras tomadas de decisão. A matriz energética apresentou um aumento de 34% nas fontes renováveis. Este ano foi marcado por um recorde de crescimento de fontes renováveis, especialmente na geração de energia fotovoltaica através da Geração Distribuída (GD). Com esse crescimento, o Produto Interno Bruto (PIB) e o Consumo Final de Energia (CFE) também avançaram quase 3%, demonstrando maior eficiência no uso da energia (Ministério de Minas e Energia).

Figura 5 - Oferta Interna de Energia no Brasil – 2022 (%).



Fonte: RESENHA ENERGÉTICA BRASILEIRA (MME).

A Figura 5 mostra a Oferta Interna de Energia (OIE) no Brasil em 2022, na qual 47,4% são provenientes de fontes renováveis. Quando comparado aos países da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), como Estados Unidos, Canadá, Reino Unido e Alemanha, assim como ao restante do mundo, o Brasil demonstra sua liderança em energia renovável (Ministério de Minas e Energia).

3.6. FONTES DE ENERGIA E SETORES CONSUMIDORES

Há duas fontes de energia: renováveis e não renováveis. Energias renováveis são aquelas que se valem de recursos naturais passíveis de abastecimento, tais como biodiesel, solar e eólica. Estas fontes de energia são reconhecidas por sua menor pegada ambiental. Por outro lado, a energia não renovável derivada de recursos escassos, como carvão mineral e petróleo, os quais exercem considerável impacto ambiental tanto em sua extração quanto em seu uso. Dada a natureza limitada desses recursos, como é o caso do petróleo, é comum que países detentores de reservas consideráveis se unam em alianças, exemplificado pela OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo), que detém influência significativa sobre os preços do petróleo. Tal situação coloca os países fora dessa aliança em posição vulnerável, frequentemente resultando em conflitos geopolíticos (ARAÚJO et al., 2022).

No Brasil, o setor que mais consome energia é o industrial, sendo utilizado para produção intensiva, movimentação de maquinário, armazenagem e manutenção de estoque. Este consumo tende a aumentar devido ao estilo de vida atual. Entretanto, há escassez de recursos fósseis, o que fomenta pesquisas e o desenvolvimento de fontes renováveis, reduzindo a dependência dessas fontes não renováveis, como o petróleo. O Protocolo de Kyoto, estabelecido em 1997, definiu metas para a diminuição das emissões de gases que

intensificam o efeito estufa para países com alto nível de industrialização. Após 18 anos, surgiu o Acordo de Paris, firmado em 2015, com um compromisso global envolvendo todas as nações, com a meta de controlar o aumento da temperatura global (OLIVEIRA et al, 2018).

O consumo de energia está diretamente ligado ao Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Quanto mais energia disponível, mais oportunidades o indivíduo tem, como trabalho, lazer, saúde e educação. Logo, países desenvolvidos tendem a ter um consumo de energia maior em relação aos países em desenvolvimento (VAZ e FARRET, 2020).

Figura 6 - Quem usa a energia no Brasil



Fonte: BEN, 2023.

Os três setores que mais consomem energia, são transporte indústria e residencial, como se encontra ilustrado na figura 6.

Figura 7 - Consumo de energia no setor de transporte do ano 2022

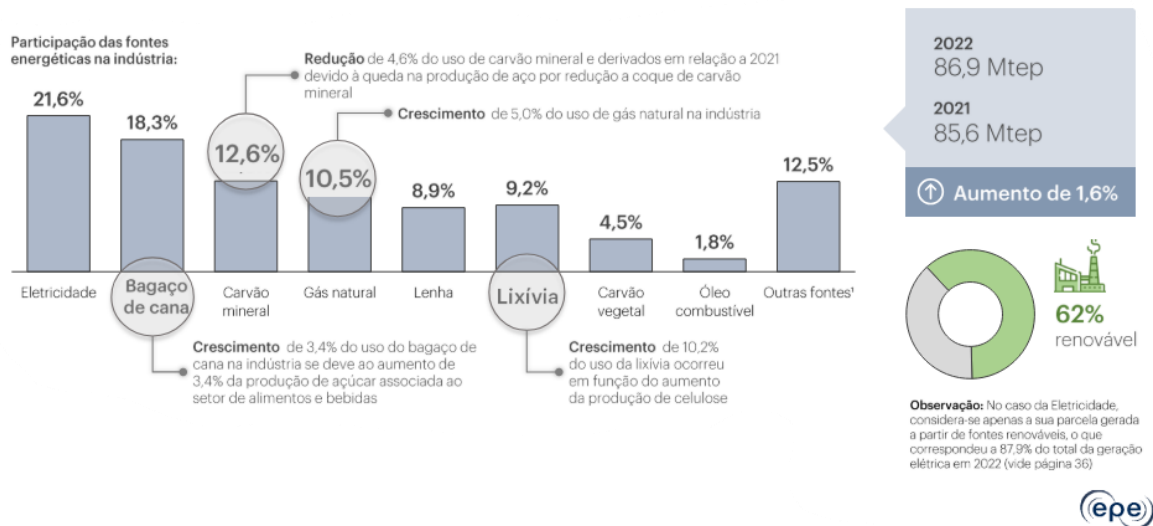


Fonte: BEN, 2023

Como demonstrado na figura 7, o óleo diesel é um combustível essencial que sustenta uma variedade de aplicações vitais em diversas indústrias. Desde o transporte de passageiros e cargas, tanto leves quanto pesadas, até o uso em máquinas agrícolas, mineração, sua presença

é fundamental. Além disso, é indispensável em geradores de energia para indústrias, usinas térmicas e sistemas elétricos integrados, bem como nas locomotivas que movem composições ferroviárias. O óleo diesel impulsiona o progresso, conectando comunidades, impulsionando o comércio (PETROBRAS, 2024).

Figura 8 - Participação das fontes energética na indústria Brasileira 2022



Fonte: BEN, 2023

Como ilustrado na figura 8, o setor industrial tem mais de 60% de fonte de energia utilizada em fontes renováveis como, eletricidade e bagaço de cana, que sozinhas tem participação de quase 40% (BEN, 2023).

Mais de 30% do consumo total de energia consumida no Brasil é destinado ao transporte, superando o setor industrial. Outro fator relevante é o aumento do consumo de energia no setor de transporte, que registrou um crescimento de cerca de 5% em relação a 2021, enquanto o setor industrial teve um crescimento de apenas 1,6%. No entanto, ao analisar as participações de fontes energéticas renováveis nos dois setores, pode-se notar uma diferença significativa, com uma variação de 40,5% para o setor industrial (EPE, 2023).

3.7. CIDADES INTELIGENTES

Quando se trata da eficiência de uma cidade, tende-se a discutir um conceito em alta, as Cidades Inteligentes, que utilizam meios de comunicação e informação como o Big Data e a Internet das Coisas para auxiliar na resolução de problemas urbanos, como trânsito, segurança e saúde, entre outros. Um exemplo da aplicação dessas ferramentas é sua utilização

para se locomover em uma cidade caracterizada pelo intenso fluxo de tráfego e pela aglomeração de pessoas, como São Paulo. Aplicativos fornecem dados como hora de chegada ao destino, custo, congestionamento e rotas mais eficientes. Com esses dados, o cidadão tem a opção de escolher o meio de transporte que mais lhe convém, o que também ajuda pessoas recém-chegadas à cidade no processo de adaptação. Essas ferramentas devem fornecer informações claras e didáticas, levando em consideração questões sociais (ABDALA, 2014; LEMOS, 2013).

3.8. REDES INTELIGENTES

A rede inteligente (REI), também conhecida como "smart grid", é considerada o futuro das redes elétricas, com a implementação de tecnologias como sensores de fluxo de energia e a Internet das Coisas (IoT). A função da rede inteligente é proporcionar confiabilidade e segurança ao sistema elétrico com sustentabilidade, fornecendo dados em tempo real sobre consumo, produção e transmissão de energia. Isso permite realizar automações no sistema, ajustando-o de acordo com a demanda (MOREIRA, 2021; CARLOTO, 2023).

Uma tecnologia importante da rede inteligente é a comunicação entre a rede de transmissão e o usuário. Esse acompanhamento garante que o consumidor tenha mais controle sobre o quanto de energia elétrica está consumindo, enquanto a concessionária pode analisar a qualidade da energia entregue. Essa comunicação pode ser realizada por meio de uma tecnologia chamada Advanced Metering Infrastructure (AMI), um sistema integrado de medição de energia elétrica que utiliza tecnologias de comunicação digital para coletar, processar e transmitir dados sobre o consumo de energia de forma automática e em tempo real. Os diversos benefícios podem ser observados na figura 9 (SILVA et al., 2018).

Figura 9- Benefícios da rede inteligente

Vantagens e benefícios gerais das REIs			
Melhor	Maior	Menor	Outros
-Oportunidade de negócios; -Qualidade do serviço; -Confiabilidade; -Resiliência à perturbações; -Manutenção preditiva e “self- healing”; -Alocação de energia distribuída; -Gestão dos ativos de carga; -Planejamento e expansão da rede; -Eficiência energética.	-Interação entre GTD e uso final; -Envolvimento do mercado; -Fomento à indústria de tecnologia; -Fomento à inovação; -Integração das GDs com renováveis; -Inserção de VEs; -Armazenamento; -Opção de escolha do cliente;	-Perdas técnicas e comerciais; -Emissão de gases do efeito estufa; -Consumo de hidrocarbonetos; -Intervenção e falhas humanas;	-Otimização de uso das instalações existentes; -Postergação de construção de usinas de “back-up”; -Alto grau de automação e manutenção; -Fluxo bidirecional de negócios entre agentes;

Fonte: MOREIRA, 2021.

3.9. SCADA

O Sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) é um software utilizado na automação em diversos setores, permitindo a obtenção de dados, monitoramento e controle em tempo real que auxilia na tomada de decisões. Esse sistema é composto por três elementos essenciais: rede de comunicação, sensores para coleta de informações e o software responsável pela supervisão dos processos (TOTVS, 2023).

No setor de energia, o SCADA desempenha um papel crucial ao possibilitar o monitoramento e controle da geração, distribuição e transmissão de energia. Com esses dados, é possível tomar decisões mais assertivas para solucionar problemas e melhorar a eficiência dos processos (PRIMEIRO MINUTO, 2023). Outro setor beneficiado pelo sistema é o de transporte, onde pode ser utilizado para controlar e monitorar o tráfego, meios de locomoção como metrô e trem, além de integrar diferentes modais de transporte (BYNE, 2023).

3.10 MERCADO LIVRE DE ENERGIA

No Brasil, há duas maneiras de o consumidor comprar energia: a mais conhecida é a do Ambiente de Contratação Regulada (ACR), que possui as tradicionais concessionárias fornecendo energia aos consumidores. Neste modelo, o preço da energia é regulado e, além do consumidor pagar pelo seu consumo, ainda tem que arcar com as taxas e o valor de diferentes bandeiras tarifárias. A segunda, é o Ambiente de Contratação Livre (ACL), onde é dado ao consumidor o poder de negociar com o fornecedor e escolher de quem comprar eletricidade. Isso vale tanto para o ambiente doméstico, como empresarial. Dentro do Ambiente de Contratação Livre, diversas condições podem ser objeto de negociação entre vendedores e compradores de energia. Isso inclui o preço, índices de reajuste, quantidade e flexibilidade de fornecimento, período de abastecimento e condições de pagamento. O mercado livre de energia representa o oposto do mercado regulado, oferecendo maior liberdade e vantagens para os consumidores, que podem estabelecer contratos bilaterais de curto, médio ou longo prazo para aquisição de energia (SEBRAE, 2023).

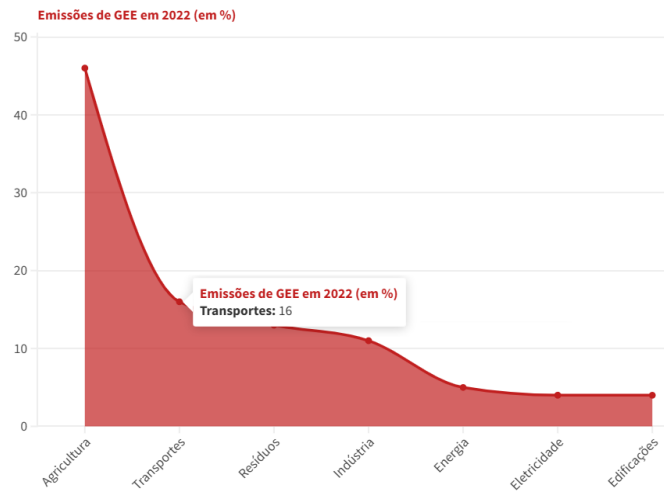
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. IMPACTOS AMBIENTAIS ECONÔMICOS E SOCIAIS

A eletrificação dos meios de transporte traz uma infinidade de benefícios em diversas áreas, promovendo a utilização consciente e eficiente dos recursos. Países que compreenderem e se adaptarem melhor a essa transição poderão dominar o mercado, tornando-se não apenas fornecedores de matéria-prima (NOVAIS, 2016).

Os combustíveis fósseis estão diretamente ligados às emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), cujos principais efeitos incluem o aquecimento global, as mudanças climáticas, a elevação do nível do mar, e o impacto na agricultura e na saúde humana. Outro impacto relacionado aos veículos de combustão movidos a combustíveis fósseis é a poluição sonora. Esses veículos produzem ruídos constantemente e, em grandes cidades onde há muitos veículos em circulação, isso afeta diretamente o bem-estar das pessoas, podendo causar danos físicos e psicológicos, como estresse, distúrbios do sono e até mesmo dificuldades no desenvolvimento infantil (RIBEIRO, 2017).

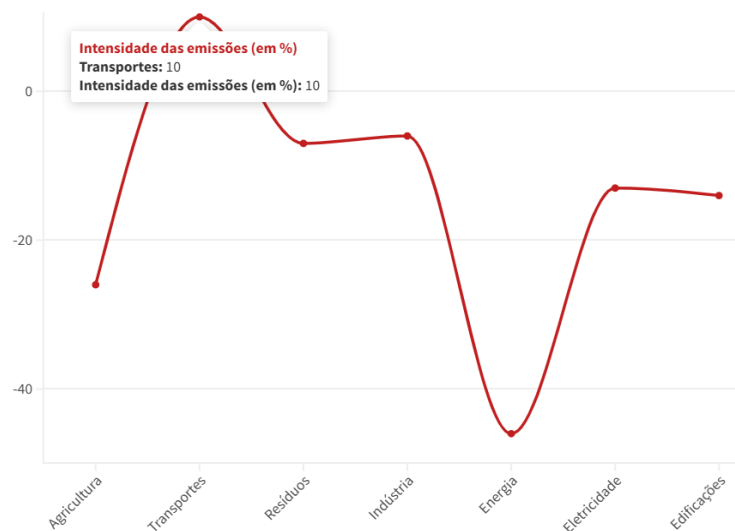
Figura 10- Emissões de GEE em 2022



Fonte: EXAME, 2024.

O "Relatório Net Zero Readiness Report 2023" da KPMG realizou uma análise dos setores que mais emitem gases de efeito estufa (GEE), na figura 10 destaca que setores são responsáveis pela maior emissão desses gases são: agricultura (46%), transporte (16%) e resíduos (13%). Outra informação fornecida foi que, no período de 2005 a 2022, o transporte foi o único setor que aumentou em 10% a intensidade das emissões, evidenciando o crescimento do setor de transporte e o quanto ele influencia na emissão desses gases como ilustrado na figura 11 (BASTOS, 2024).

Figura 11 - Intensidade das emissões 2005 a 2022 (em %)

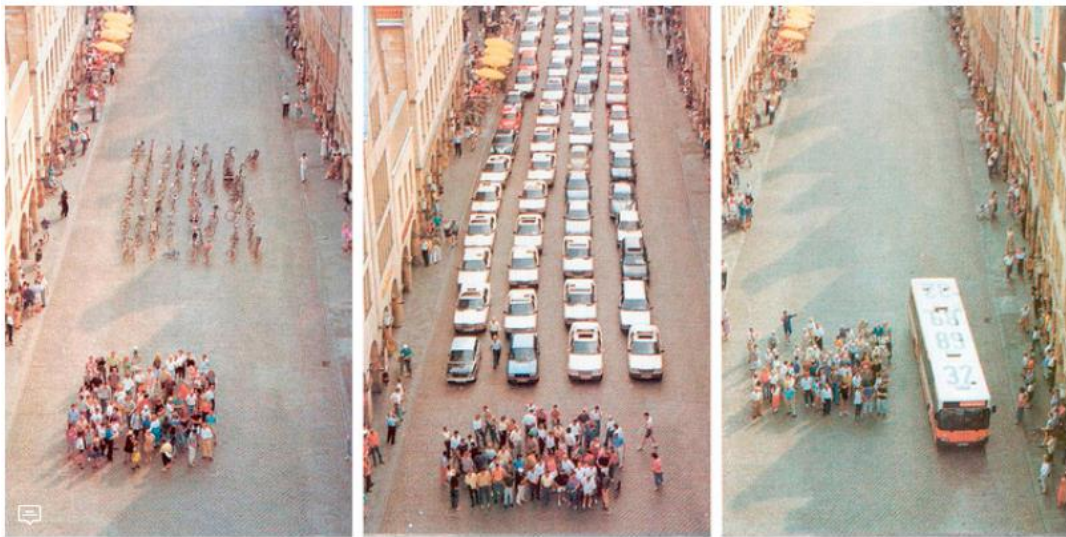


Fonte: EXAME, 2024.

A eletrificação dos meios de transporte vem como um meio de reduzir as emissões de GEE nas cidades, pois o setor de transporte pode passar de 50% dessas emissões, um marco para essa mudança foi a aprovação do Projeto de Lei nº 3.278/202, criando o Fundo Nacional do Transporte Público, que visa acelerar o processo de transição elétrica do sistema, essa implantação pode reduzir a emissão GEE nas cidades em 45% em até 30 anos. O maior benefício dessa mudança é a redução do custo de manutenção e operação desses veículos, que pode chegar a aproximadamente 40% da frota em todo o Brasil. Isso representaria uma economia de R\$ 272 bilhões de reais até 2050 (SEBRAE, 2023).

Figura 12 - Carro, ônibus ou bicicleta, espaços nas vias

F



SCARPELL, 2023.

A Figura 12 demonstra o espaço que 1 ônibus, 60 carros e 72 bicicletas ocupam, transportando a mesma quantidade de passageiros. Outro fator a ser considerado é o espaço necessário para estacionar esses veículos, bem como o preço. A escolha do transporte público depende de inúmeros fatores, como segurança, conforto, custo, tempo e acessibilidade. A implementação de melhorias nesse setor pode levar ao abandono dos veículos particulares, resultando em uma redução da emissão de gases poluentes, mais espaço nas estradas, encurtamento do tempo de viagem até o destino final, entre outros benefícios. Objetivos que a eletrificação dos transportes coletivos é a medida que mais apresenta os melhores resultados (SCARPELL, 2023).

4.2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO MOTORES ELÉTRICOS

Grande parte da matriz energética do país é composta por fontes renováveis, o que impulsiona o uso de veículos elétricos. A eficiência desses veículos gira em torno de 90%, em contraste com apenas 40% dos motores a combustão de ciclo Otto. O problema dos motores a combustão é que mais de 60% da energia do combustível, seja gasolina ou diesel, é perdida na combustão interna. Essa energia é desperdiçada na forma de calor, atrito das peças e perdas aerodinâmicas da carroceria (BARAN, 2012).

4.3. TRANSPORTES ALTERNATIVOS

Ao se pensar em veículos elétricos, a imagem mais comum é a de um automóvel movido a eletricidade. Contudo, existem diversos outros meios de transporte e tipos de veículos elétricos que atendem a necessidades específicas, tais como bicicletas elétricas, monociclos, patinetes elétricos, motocicletas elétricas, entre outros. Esses meios de transporte têm ganhado aceitação crescente, pois muitas vezes já atendem às necessidades dos usuários por serem mais econômicos, apresentarem baixo consumo de energia e muitos não exigirem habilitação para serem utilizados. Na figura 13 demonstra o quanto os automóveis elétricos atendem às necessidades de locomoção para médias e pequenas distâncias, esses veículos alternativos são particularmente populares entre crianças, adolescentes e idosos, especialmente aqueles com mobilidade reduzida devido à idade avançada. Entretendo esses meios de locomoções alternativos também precisam de normas de trânsito para serem utilizados (BORAM, 2024).

Figura 13- Tipos de veículos alternativos e suas normas

 Segurança no trânsito		Resolução do Contran especifica definição de ciclomotores, bicicletas elétricas e autopropeidos		
Veículos*		Equipamentos obrigatórios	Registro e emplacamento	Precisa de habilitação?
		Equipamento autopropeido - Indicador de velocidade; - Campainha; - Sinalização noturna dianteira, traseira e lateral.	Dispensado	Não
		Bicicleta elétrica - Indicador de velocidade; - Campainha; - Sinalização noturna dianteira, traseira, lateral e nos pedais; - Espelho retrovisor do lado esquerdo; - Pneu em condições de segurança.	Dispensado	Não
		Ciclomotor - Espelhos retrovisores, de ambos os lados; - Farol dianteiro, de cor branca ou amarela; - Lanterna, de cor vermelha, na parte traseira; - Velocímetro; - Buzina; - Pneu em condições de segurança; - Dispositivo destinado ao controle de ruído do motor; - Devem ser conduzidos com capacete de segurança e vestuário de proteção.	Obrigatório	Categoria ACC ou A
		Motocicleta e motoneta Conforme o CTB, segue as mesmas exigências dos ciclomotores, acrescidas de: - Iluminação da placa traseira; - Lanterna de freio de cor vermelha; - Indicadores luminosos de mudança de direção dianteiro e traseiro.	Obrigatório	Categoria A

*Figuras ilustrativas. As definições das tecnologias estão na Resolução 996/2023
 Fonte: Conselho Nacional de Trânsito

FONTE: Diário do Nordeste, 2023.

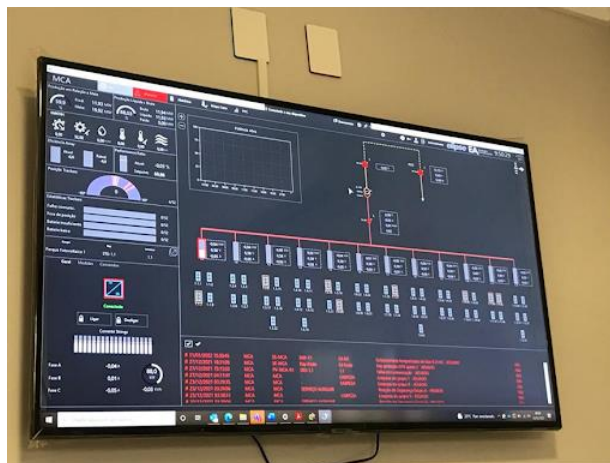
4.4. INDEPENDÊNCIA ENERGÉTICA

A mobilidade elétrica está indiretamente ligada à independência energética, pois a eletrificação dos meios de transporte diminui a necessidade de combustíveis fósseis, especialmente o petróleo, que é a base para a produção de diesel. Para viabilizar a adoção de veículos elétricos, é essencial que um país diversifique sua matriz energética para atender à nova demanda, explorando amplamente as fontes renováveis disponíveis. Países que controlam a produção e fornecimento de petróleo, como os membros da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEC), exercem grande influência sobre os preços globais, permitindo-lhes controlar economicamente os países que dependem dessa fonte de energia. Além disso, essa dinâmica também afeta a geopolítica, forçando os países importadores a formar alianças estratégicas com outros exportadores para garantir a segurança energética. A transição para a mobilidade elétrica, portanto, não apenas promove a sustentabilidade ambiental, mas também fortalece a autonomia energética, reduzindo a vulnerabilidade econômica e política associada à dependência de petróleo (MATIAS, 2024).

4.5. OPORTUNIDADES

A mobilidade elétrica emerge como um catalisador para uma ampla gama de oportunidades de negócio que permeiam diversos setores da economia contemporânea. Dentro desse cenário, a fabricação de veículos elétricos (VE) desponta como um nicho promissor, oferecendo espaço para muitas empresas migrarem para esse setor e explorarem uma variedade de modelos, que vão desde carros de passeio até bicicletas e caminhões. Além disso, há uma perspectiva de impacto indireto sobre a cadeia produtiva, com a reciclagem de veículos tradicionais, possibilitando a reutilização de muitas peças em outros processos, o que pode gerar novas oportunidades de negócio. Paralelamente, o mercado de componentes para a fabricação desses novos veículos elétricos, como baterias e software especializado, representa uma área de oportunidade significativa para empresas que atuam no ramo da tecnologia e engenharia (CASARIN, 2024).

Figura 14 - SCADA



Fonte: Canal Solar, 2022.

Na Figura 14, é apresentado o sistema SCADA de um sistema fotovoltaico, que constitui como uma ferramenta essencial em um projeto. Esse sistema permite o monitoramento do rendimento e de cada componente do sistema, além de garantir uma geração contínua. A continuidade da geração é crucial, pois o retorno do investimento depende desse fator (CANAL SOLAR, 2022).

A demanda por infraestrutura de carregamento também surge como um segmento-chave, exigindo investimentos em estações de carregamento rápido e convencional em áreas urbanas e rodovias. Além disso, os serviços de manutenção e reparo de veículos elétricos emergem como uma necessidade crescente, com oficinas especializadas sendo essenciais para realizar diagnósticos, substituição de componentes e serviços de mecânica elétrica. Essa

demanda por serviços de pós-venda cria uma oportunidade adicional para empresas do setor automotivo expandirem suas operações ou se especializarem nesse nicho específico. Por fim, o aumento da demanda por veículos elétricos implica uma necessidade correspondente de fontes de energia para suprir o crescente consumo de eletricidade. Nesse sentido, oportunidades surgem no desenvolvimento e integração de fontes renováveis de energia, como solar e eólica, e sistemas de armazenamento de energia em larga escala. Essas são apenas algumas das muitas oportunidades de negócio que emergem com a mobilidade elétrica, destacando a diversidade de setores e segmentos impactados por essa transição. À medida que a tecnologia avança e as políticas de incentivo se consolidam, espera-se que novas oportunidades continuem a surgir, impulsionando a inovação e o crescimento econômico em todo o mundo (MCKINSEY & COMPANY, 2024).

4.6. ESTUDO DE CASO: Estudo de caso para a introdução de ônibus elétricos no município do Rio de Janeiro

A eletrificação dos meios de transporte tem se tornado cada vez mais relevante no desenvolvimento urbano. Este estudo de caso examina a introdução de ônibus elétricos no município do Rio de Janeiro, com o objetivo de cumprir premissas internacionais e promover o desenvolvimento sustentável (EPE, 2020).

O artigo intitulado “Estudo de Caso para a Introdução de Ônibus Elétricos no Município do Rio de Janeiro”, realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e publicado em 2020, foi escolhido devido à sua relevância. O estudo demonstra como os órgãos públicos podem impactar a implantação de novas tecnologias, especialmente no setor de transporte rodoviário, que está em constante crescimento e é um dos principais emissores de gases de efeito estufa (GEE) (EPE, 2020).

A metodologia utilizada pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) envolveu o desenvolvimento de uma ferramenta para a avaliação de viabilidade econômica, aplicável a diversas regiões do país. Esta ferramenta baseia-se na modelagem “bottom-up”, uma abordagem que começa com a análise e construção dos componentes mais básicos de um sistema, integrando-os gradualmente para formar um sistema completo. Os dados obtidos por meio desta ferramenta incluem indicadores financeiros como a Taxa Interna de Retorno (TIR), Payback (indicador financeiro que mede o tempo necessário para recuperar um investimento inicial), Valor Presente Líquido (VPL) e o Custo Total de Propriedade (TCO),

utilizado para avaliar todos os custos envolvidos na aquisição, operação e manutenção de um ativo ao longo de seu ciclo de vida (EPE, 2020).

Cálculo do TIR pode ser realizado através da equação 1:

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

Onde:

F_t : é o fluxo de caixa no período t

r : é a taxa de retorno ou taxa de desconto

n : é o número de períodos

Cálculo do Payback pode ser realizado através da equação 2:

$$\text{Tempo de Payback} = \frac{\text{INVESTIMENTO INICIAL}}{\text{FLUXO DE CAIXA ANUAL}} \quad (2)$$

Cálculo do VPL pode ser realizado através da equação 3:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} - I \quad (3)$$

Onde:

C_t : é o fluxo de caixa no período

r : é a taxa de desconto

t : é o período

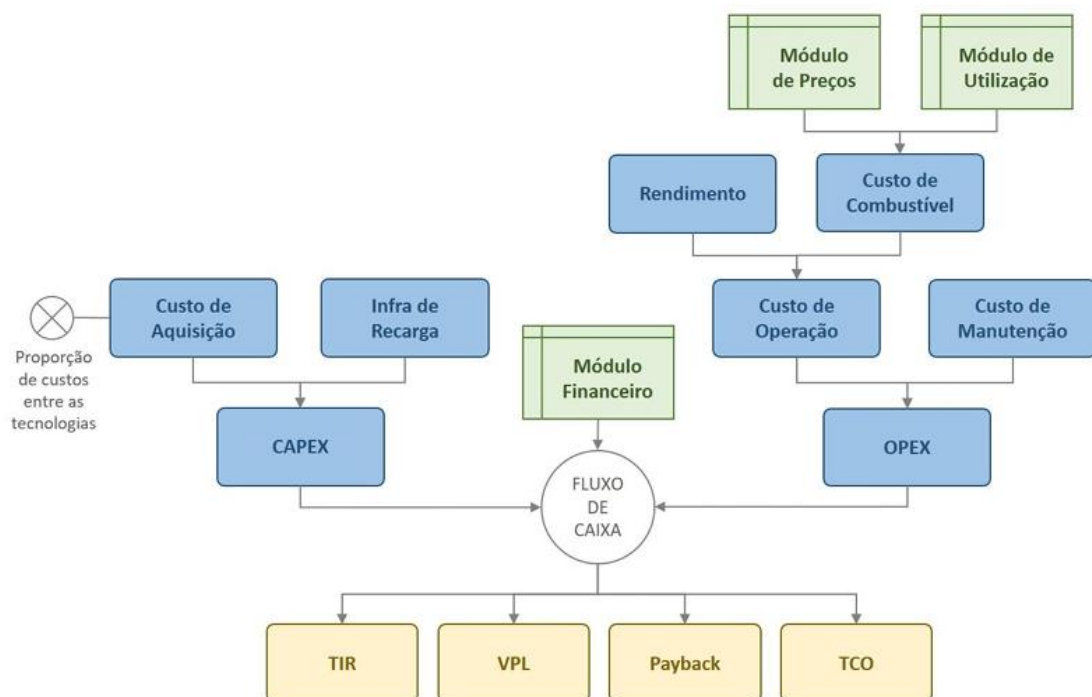
I : é o investimento inicial

Tabela 1: Módulos de entrada

Utilização (Quando se usa desse meio de transporte)	Determinado informando a distância média anual percorrida pelos ônibus urbanos no município, em conjunto com a quantidade de modelos elétricos planejados para inclusão na frota.
Preços (quanto custa para aquisição)	Despesas de Capital (CAPEX) e Despesas Operacionais (OPEX).
Financeiro (Como pagar?)	Custo Ponderado Médio de Capital (CPMC), sendo a medida financeira que representa o custo médio ponderado do capital de uma empresa, considerando tanto o capital próprio quanto o capital de terceiros.

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020).

Figura 15- Fluxograma da modelagem bottom-up



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020).

O estudo de implementação de ônibus elétricos no Rio de Janeiro teve início em 2019, com a formação do grupo GT ZEBRA (Zero Emission Bus Rapid-deployment Accelerator).

Este grupo foi constituído pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), técnicos da Prefeitura do Rio de Janeiro e pelo Instituto de Transporte e Desenvolvimento, com o objetivo de cumprir a meta de implementação de ônibus zero emissões até o início de 2025 (EPE, 2020).

Para iniciar o projeto, foram estabelecidos alguns preceitos fundamentais. Primeiro, foi considerado o custo da energia elétrica. Para reduzir esse custo, optou-se pelo mercado livre de energia, visando obter tarifas mais flexíveis. Segundo, foi analisado o financiamento dos veículos elétricos e a diesel. Durante o estudo, constatou-se que a taxa de juros para financiamento dos veículos elétricos é de aproximadamente 0,9% ao ano, enquanto para os veículos a diesel é de 1,3% ao ano, apresentando uma diferença de apenas 0,4%. Contudo, o prazo máximo de financiamento é de 15 anos para os veículos elétricos e de 10 anos para os veículos a diesel (EPE, 2020).

Um dos desafios identificados é o custo dos ônibus, sendo que o ônibus elétrico pode ser até 2,5 vezes mais caro do que o tradicional. No entanto, esse valor pode ser reduzido em compras em grande volume, chegando a uma proporção de 1,75. Com os dados obtidos a partir da ferramenta desenvolvida, foi possível compilar uma tabela de resultados detalhados (EPE, 2020).

Este estudo é crucial para compreender as implicações econômicas e técnicas da transição para uma frota de ônibus elétricos, fornecendo informações essenciais para a tomada de decisões informadas e a implementação eficaz de soluções de transporte sustentável (EPE, 2020)

Figura 16- Cenários simulados

Descrição dos cenários			Detalhes da aquisição	Custo de Financiamento	Custo de Eletricidade	TIR (%)
Cenário 1	1A	1A.1	Aquisição pelo operador	10% a.a.	R\$ 0,46/kWh	14,04 (viável)
		1A.2	Aquisição pelo operador	10% a.a.	R\$ 0,67/kWh	9,48 (inviável)
	1B	1B.1	Aquisição pelo operador	9,0% a.a.	R\$ 0,46/kWh	19,17 (viável)
		1B.2	Aquisição pelo operador	9,0% a.a.	R\$ 0,67/kWh	13,54 (viável)
		1B.3	Aquisição pelo operador	9,0% a.a.	R\$ 0,71/kWh	12,60 (viável)
		1B.4	Aquisição pelo operador	9,0% a.a.	R\$ 0,73/kWh	12,13 (viável)
Cenário 2		Município oferece benefício fiscal ao operador	Não foi modelado	Não foi modelado	Não foi modelado	
Cenário 3		Município adquire o ônibus elétrico e as empresas de ônibus assumem a operação, ressarcindo o município	Não foi modelado	Não foi modelado	Não foi modelado	
Cenário 4	4.1	Cenário inicial Vida útil dos ônibus elétricos de 15 anos e dos ônibus a diesel de 10 anos	10% a.a. (diesel) 10% a.a. (elétrico)	R\$ 0,99/kWh	11,07 (inviável)	
	4.2	Cenário Simulação Vida útil dos ônibus elétricos de 15 anos e dos ônibus a diesel de 10 anos	10% a.a. (diesel) 9% a.a. (elétrico)	R\$ 0,71/kWh	78,23 (viável)	
	4.3	Cenário Simulação Vida útil dos ônibus elétricos de 15 anos e dos ônibus a diesel de 10 anos	10% a.a. (diesel) 9% a.a. (elétrico)	R\$ 0,99/kWh	18,64 (viável)	

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020).

Como pode ser observado na figura 15, foram analisados 4 cenários e a partir desses cenários foi possível entender se o projeto é viável ou não. As variáveis mais sensíveis na transição para ônibus elétricos são o custo da energia elétrica e o custo de financiamento. A análise sugere que, diante de tarifas elevadas de energia no mercado cativo, a prospecção no mercado livre pode ser vantajosa. Para ônibus articulados em linhas BRT, a viabilidade econômica da mudança para ônibus elétricos requer custos de financiamento até 9% e preços de eletricidade até R\$0,71/kWh. Para ônibus padrão em linhas convencionais, a transição é viável com a tarifa de eletricidade atual, desde que o financiamento não ultrapasse 9%. A partir do estudo do caso, é possível discutir fatores que são de suma importância para a mobilidade elétrica, apresentando vantagens e barreiras dessa transição (EPE, 2020).

4.6. BARREIRAS E DESAFIOS

Apesar de a transição apresentar inúmeros benefícios, há vários empecilhos para sua implementação, incluindo desafios significativos em termos econômicos, tecnológicos e sociais. O principal impacto negativo relacionado aos veículos elétricos é o alto custo de investimento, que abrange desde o valor de compra do veículo até a instalação de uma infraestrutura adequada. O preço de instalação de um carregador de veículo elétrico (VE) em uma residência depende de inúmeros fatores, incluindo o tipo e a potência do carregador, além de possíveis modificações estruturais, elétricas e a necessidade de mão de obra qualificada. (BRAVO et al., 2014).

4.7. ALTO INVESTIMENTO

Os impostos também são um dos maiores obstáculos para a obtenção desses veículos. Os veículos elétricos novos tiveram um aumento de aproximadamente 19% em seus preços em 2024, com um preço médio em torno de R\$ 450 mil, enquanto os carros a combustão custam, em média, R\$ 260 mil. Esses altos preços são em grande parte devido ao imposto de importação. Com a crescente chegada de carros elétricos de luxo, o mercado se adaptou, afetando o preço médio dos veículos elétricos novos. No contexto geral, a obtenção de veículos elétricos, que já era difícil para pessoas de baixa renda, tornou-se algo praticamente inalcançável (BALHESSA, 2024).

Figura 17 - Carro elétrico JAC E-JS1



Fonte: JAC Motors, 2024.

O veículo elétrico JAC E-JS1 como demonstrado na figura 16, é frequentemente o primeiro modelo considerado ao se investigar a compra de um automóvel elétrico. Todavia, apresenta um custo elevado e, quando comparado aos veículos de combustão interna (sejam movidos por combustíveis fósseis ou alternativos), o carro elétrico revela-se desvantajoso. Além do preço base do veículo, existem custos adicionais, como frete, pintura e carregador portátil, que não estão incluídos no preço final, mas são essenciais para a personalização do veículo e para proporcionar maior autonomia. Esses custos adicionais representam um ônus significativo que deve ser considerado pelos potenciais compradores (JAC Motors, 2024).

Figura 18-Dolphin Mini



Fonte: BYD, 2024.

A BYD, marca de referência no mercado, foi fundada em 1995 e é líder nos setores de energia renovável, transporte rodoviário e automotivo. A empresa está presente em seis continentes e em mais de 70 países, com um total de 10.274 unidades vendidas, representando

52,3% do total de veículos elétricos comercializados no país (BYD, 2024). Em 28 de fevereiro de 2024, a BYD anunciou o lançamento do Dolphin Mini como pode ser visto na figura 17. O modelo já está disponível para reservas online e é ofertado pelo valor de R\$ 115.800. No entanto, há uma oferta especial válida até o final do dia do lançamento: os consumidores que realizarem a reserva online, com um sinal de R\$ 10 mil à vista, poderão adquirir o veículo por R\$ 105.800. O objetivo é dar opções mais acessíveis no segmento de veículos elétricos no Brasil. Todavia o carregador dos veículos custa 7mil reais. (SUTTO, 2024).

4.8. DESIGN

A cultura tem grande impacto na escolha de um veículo, sendo o design do interior e exterior um dos principais atributos considerados. O design exterior é a primeira característica que uma pessoa nota, incluindo elementos aerodinâmicos e detalhes que refletem diretamente a personalidade do proprietário. O design dos veículos elétricos (VEs) tende a ser mais compacto e com menos detalhes, muitas vezes considerado inferior quando comparado a veículos de mesmo custo como pode ser visto na figura18. Para entusiastas, o som do motor também é um fator influente nessa escolha, sendo inexistente nos VEs (BAIN & COMPANY (2024).

Figura 19- GWM Ora 03 Skin Copacabana



Fonte: AUTO esporte, 2023.

4.9. AUTONOMIA DOS VEÍCULOS

A autonomia de um veículo elétrico pode atingir até 500 km por carga. No entanto, essa estimativa pode variar em função de diversos fatores, tais como a velocidade do veículo, seu peso e o uso do sistema de climatização. Um fator que afeta consideravelmente a autonomia é a disponibilidade de pontos de recarga, que são menos numerosos quando comparados aos postos de abastecimento convencionais. Essa limitação representa um dos maiores desafios para viagens de longa distância, onde o percurso depende diretamente da localização desses pontos de recarga, o usuário encontra-se na obrigação de utilizar um mapa, como o ilustra a figura 19 (GreenV, 2024; Inergiae, 2022).

Figura 20- Pontos de recarga



Fonte: Reevisa, 2023.

4.10. BATERIA DE TIPOS DE CARREGAMENTO

A bateria, considerada o componente mais crucial dos veículos elétricos (VE), enfrenta diversos desafios significativos. Entre os principais problemas estão a reciclagem de baterias inutilizadas, a obtenção dos materiais necessários para sua fabricação, a limitada vida útil e o aumento dos custos. Apesar dos numerosos estudos em andamento para abordar essas questões, a solução definitiva ainda parece distante (TENÓRIO, 2024). O aspecto mais preocupante relacionado às baterias é sua vida útil e o custo de substituição deste componente. A maioria das baterias modernas é projetada para proporcionar uma autonomia de 160 km, com uma vida útil média de, no máximo, 10 anos. Além disso, o custo de substituição em veículos elétricos populares é, em média, de R\$75 mil. Isso implica que, ao completar 10

anos, o usuário se encontrará praticamente obrigado a adquirir um novo veículo, ocasionando uma notável queda no preço de revenda (VOOLTA, 2023).

4.10.1 Tempo de recarga

Diversos fatores influenciam o tempo de carregamento dos veículos elétricos (VEs), sendo o tipo de corrente utilizada um dos principais. Existem dois tipos de correntes empregados na recarga de veículos elétricos: corrente contínua (CC) e corrente alternada (CA). A bateria do veículo é exclusivamente alimentada por corrente contínua. Para carregadores que utilizam corrente alternada (CA), os veículos elétricos são equipados com inversores internos que convertem a corrente CA da rede em corrente CC, o que tende a prolongar o tempo de carregamento devido ao processo de conversão. Em contraste, o carregamento utilizando corrente contínua (CC) não requer a passagem pelo inversor, resultando em um carregamento significativamente mais rápido. A configuração da rede elétrica também exerce grande influência, seja ela monofásica, bifásica ou trifásica, assim como a potência dos cabos e do inversor utilizado para o carregamento. Por exemplo, para carregar uma bateria de 24 kWh com um carregador de 3,7 kW, são necessárias 7 horas; o mesmo veículo, quando carregado com um carregador de 11 kW, leva apenas 3 horas. Mesmo com carregadores ultrarrápidos, o tempo de carregamento ainda é consideravelmente longo em comparação ao abastecimento de um veículo tradicional. Além disso, o carregamento rápido pode reduzir a vida útil das baterias. Portanto, é necessário considerar diversos aspectos técnicos para o carregamento eficiente de um veículo elétrico, enquanto o abastecimento de um veículo a combustão é significativamente mais simples e rápido, podendo ser realizado em qualquer posto de combustível em poucos minutos (NEOCHARGE, 2024).

4.11. AUMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

A transição para a eletrificação do transporte traz consigo a preocupação com a crise energética. O Brasil é altamente dependente das usinas hidrelétricas para a produção de energia elétrica, o que torna o país vulnerável à escassez de chuvas. Em 2021, o Brasil enfrentou uma crise hídrica considerada uma das maiores de todos os tempos. A falta de incentivos suficientes para a implementação de outras fontes de energia compromete a diversificação da matriz elétrica do país. Esses problemas são exacerbados pela ausência de

planejamento adequado por parte do poder público para gerenciar os reservatórios das usinas hidrelétricas, bem como pelo investimento insuficiente na modernização do sistema existente e na diversificação da produção de energia por meio de fontes renováveis. Consequências da crise energética incluem interrupções na distribuição de energia, a necessidade de recorrer a fontes de energia poluentes e o aumento dos preços da energia, afetando diversos setores da economia. A transição para veículos elétricos perde sua eficácia se a energia utilizada para os abastecer provier de fontes não renováveis (EDP, 2023).

5. CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar a importância da eletricidade na mobilidade urbana, destacando os benefícios e as tendências futuras a partir de uma abordagem abrangente que atendeu às necessidades da proposta de pesquisa. Os resultados indicam que a eletrificação do transporte se configura como a alternativa mais eficaz para aprimorar os meios de transporte urbano. A transição dos transportes públicos para veículos elétricos confortáveis oferece uma série de vantagens significativas.

Diversos fatores influenciam a escolha do meio de transporte, incluindo tempo, conforto, acessibilidade e custo. A substituição de veículos convencionais, como ônibus a combustão, por ônibus elétricos pode impactar positivamente vários setores da sociedade. Esses veículos, que são climatizados e oferecem internet aos passageiros, apresentam custos de operação e manutenção reduzidos, resultando em tarifas mais acessíveis e democratizando o transporte rodoviário. Adicionalmente, eliminam a emissão de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, cuja emissão está associada a diversos problemas de saúde humana, como doenças respiratórias e cardiovasculares.

Dada a gama de benefícios proporcionados, a tendência é que os indivíduos optem por utilizar veículos elétricos públicos em detrimento de automóveis particulares, o que reduzirá o número de veículos nas vias e o tempo de deslocamento até os destinos desejados. A utilização de transportes alternativos elétricos também contribui significativamente, pois garante mais acessibilidade a pessoas com mobilidade reduzida, como idosos e pessoas com necessidades especiais. No entanto, o estudo identificou desafios que precisam ser solucionados para garantir um acesso equitativo e eficiente para todos os cidadãos. Entre os problemas identificados estão o alto custo de investimento, baixa autonomia dos veículos, questões de design, tempo de vida útil das baterias e a infraestrutura de carregamento. A resolução desses desafios é essencial para a implementação bem-sucedida de um sistema de transporte elétrico abrangente e sustentável.

Em conclusão, este estudo evidenciou a importância da eletrificação do transporte urbano como uma solução eficaz para enfrentar os desafios contemporâneos de mobilidade e sustentabilidade. A análise revelou que, apesar dos significativos benefícios econômicos, ambientais e sociais proporcionados pelos veículos elétricos, ainda existem desafios críticos que precisam ser abordados, como o alto custo inicial. A transição para um sistema de transporte público eletrificado requer uma abordagem integrada, envolvendo políticas públicas, incentivos financeiros e inovação tecnológica. A partir dos resultados obtidos, espera-se que este trabalho contribua para futuras relacionadas a mobilidade elétrica.

6. REFERÊNCIAS

ABDALA, Lucas Novelino et al. **Como as cidades inteligentes contribuem para o desenvolvimento de cidades sustentáveis? Uma ver revisão sistemática de literatura.** Gestão do Conhecimento, [s. l.], ed. v. 3 n. 5 (2014), 2014. DOI <https://doi.org/10.47916/ijkem-vol3n5-2014-5>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/ijkem/article/view/81671/46348>. Acesso em: 25 mai. 2024.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. ANA. **Sistema interligado nacional.** [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/sar/sin#wrapper>. Acesso em: 25 mai. 2024.

Agência Nacional de Energia Elétrica. ANEEL. **Matriz elétrica brasileira alcança 200 GW.** [S. l.], 7 mar. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/veiculos-eletricos>. Acesso em: 28 mai. 2024.

Agência Nacional de Energia Elétrica. ANEEL. **Sistemas de informações de Geração da ANEEL SIGA.** [S. l.], 24 mai. 2023. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGYyYjQYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBlMSIsImMiOiR9>. Acesso em: 31 mai. 2024.

Agência Nacional de Energia Elétrica. ANEEL. **Veículos Elétricos.** [S. l.], 10 fev. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/veiculos-eletricos>. Acesso em: 28 mai. 2024.

AMARAL, Paulo; JONES, Oliveira. **Senado aprova projeto de lei de incentivo a veículos elétricos.** [S. l.]: 25 mai. 2023. Disponível em: <https://canaltech.com.br/veiculos/senado-aprova-projeto-de-lei-de-incentivo-a-veiculos-eletricos-250834/>. Acesso em: 27 abr. 2024.

ARAÚJO, R. S. de .; SOUSA, F. L. N. de .; VANDERLEY, P. S. .; BENTES, S. O. da S.; GOMES, L. M. .; FERREIRA, F. C. L. . **Renewable energy sources: research, trends, and perspectives on sustainable practices** . Research, Society and Development, [S. l.], v. 11, n. 11, p. e468111133893, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i11.33893. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/33893>. Acesso em: 2 mai. 2024.

Bain & Company. **Design desponta como um dos principais atributos de compra de um veículo, aponta Bain.** [S. l.], 4 mar. 2024. Disponível em: <https://www.bain.com/pt-br/about/media-center/press-releases/south-america/2023/design-desponta-como-um-dos-principais-atributos-de-compra-de-um-veiculo-aponta-bain/#>. Acesso em: 9 jun. 2024.

BALHESSA, Mauro. **Carro elétrico 0km fica mais caro no Brasil e preço médio vai a R\$ 466 mil.** [S. l.], 28 abr. 2024. Disponível em: <https://istoedinheiro.com.br/carro-eletrico-0km-fica-mais-carro-no-brasil-e-preco-medio-vai-a-r-466-mil/>. Acesso em: 9 jun. 2024.

BARAN, Renato. **A introdução de veículos elétricos no Brasil: Avaliação do impacto no consumo de gasolina e eletricidade.** 2012. 124f. Tese (de Doutorado), Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/10634/1/Doutorado_Renato%20Baran_P_P_O_BD.pdf. Acesso em: 25 mai. 2024.

BASTOS, Fernanda. **A introdução de veículos elétricos no Brasil:** Avaliação do impacto no consumo de gasolina e eletricidade. In: Com 53% de aumento, Transporte é o setor que mais cresceu em emissões no ano passado, diz pesquisa. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://exame.com/esg/com-53-de-aumento-transporte-e-o-setor-que-mais-cresceu-em-emissoes-no-ano-passado-diz-pesquisa/>. Acesso em: 24 mai. 2024.

BISPO, Scarlett Queen Almeida; CECHIN, Alícia. **Veículos elétricos:** Como a China está se preparando para se tornar a maior potência mundial do segmento? Brasília, DF: Ipea, ago. 2023. 74 p. : il. (Texto para Discussão, n. 2906). DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td2906-port>. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/12293/1/TD_2906_Web.pdf. Acesso em: 22 abr. 2024.

BORAM Eletric Motors. **Tipos de Transporte:** Qual o melhor para sua necessidade. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://boram.com.br/tipos-de-transporte-como-escolher/>. Acesso em: 09 jun. 2024.

BRASIL. [Constituição (2012)]. **Constituição da República Federativa do Brasil, DF:** Senado federal, 2012. 14 p. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112587.htm. Acesso em: 10 jan. 2024.

BRAVO, Diego Moreno et al. **Análise dos desafios para a difusão dos veículos elétricos e híbridos no Brasil.** Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Mecânica, [s. l.], v. 1, 2014. Disponível em: <https://pdf.blucher.com.br/engineeringproceedings/simea2014/15.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2024.

BYNE. **Sistema escada:** Como usar os dados para melhorar o controle e a supervisão da sua empresa. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.byne.com.br/sistema-scada-como-usar-os-dados-para-melhorar-o-controle-e-a-supervisao-da-sua-empresa/>. Acesso em: 22 mai. 2024.

CARLOTO, Filipe. **Redes inteligentes:** A revolução tecnológica no setor de energia elétrica. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.ufsm.br/orgaos-suplementares/inovatec/2023/06/05/redes-inteligentes-a-revolucao-tecnologica-no-setor-de-energia-eletrica>. Acesso em: 31 mai. 2024.

CASARIN, Ricardo. **Montadoras investem na fabricação de carros elétricos e híbridos no Brasil.** [S. l.], 26 mar. 2024. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/noticias/tecnologia/mobilidade-eletrica/montadoras-investem-na-fabricacao-de-carros-eletricos-e-hibridos-no-brasil>. Acesso em: 11 jun. 2024.

CONSONI, Flávia Luciane et al. **Estudo de Governança e Políticas Públicas para Veículos Elétricos.** PNME, [s. l.], fevereiro 2018. Disponível em: <https://pnme.org.br/wp-content/uploads/2020/02/PROMOB-e-Estudo-de-Governanca.compressed.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2024.

COSTA, Marcela da Silva et al. **Um índice de mobilidade urbana sustentável.** 2008. 248f. Tese (de Doutorado), Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18144/tde-01112008-200521/publico/Tese_MCOSTA.pdf. Acesso em: 27 abr. 2024.

COSTA, Marco Aurélio et al. **O Estatuto da Cidade e a Habitat III: Um balanço de quinze anos da política urbana no Brasil e a nova agenda urbana.** Mobilidade Urbana: Avanços, desafios e perspectivas, [s. l.], p. 345-360, 2016. Disponível em: https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/livros/160920_estatuto_cidade.pdf. Acesso em: 24 mai. 2024.

DE OLIVEIRA, A. P. M.; FUGANHOLI, N. S.; CUNHA, P. H. de S.; BARELLI, V. A.; BUNEL, M. P. M.; NOVAZZI, L. F. **Technical and economical analysis of renewable energy. The Journal of Engineering and Exact Sciences**, Viçosa/MG, BR, v. 4, n. 1, p. 0163–0169, 2018. DOI: 10.18540/jcecvl4iss1pp0163-0169. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/2502>. Acesso em: 2 mai. 2024.

DELGADO, Fernanda et al. **Carros elétricos.fgv. energia**, [s. l.], ano 4, n. 7, 2017. Disponível em: <https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/46244531-8932-42e2-8bf7-91caccfccc7e/content>. Acesso em: 25 mar. 2024.

DESCUBRA. **O que e sistema interligado nacional sin.** [S. l.], 2024. Disponível em: <https://2wecobank.com.br/descubra-o-que-e-sistema-interligado-nacional-sin/>. Acesso em: 25 mai. 2024.

Diário do nordeste. **Veja novas regras para bicicletas e skates elétricos, ciclomotores e patinetes. In:** Veja novas regras para bicicletas e skates elétricos, ciclomotores e patinetes. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ceara/veja-novas-regras-para-bicicletas-e-skates-eletricos-ciclomotores-e-patinetes-1.3385734>. Acesso em: 09 jun. 2024.

DOMINGOS, Ana Carolina Abreu Rodrigues. **Avaliação da viabilidade económica da introdução de veículos elétricos na frota do SUCH. Faculdade de ciências e tecnologia universidade de coimbra**, Coimbra, v. 1, p. 1-71, 18 set. 2018. Disponível em: https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/86075/1/ANA_DOMINGOS.pdf. Acesso em: 12 mar. 2024.

EDP. **Crise Energética no Brasil: Origem, consequências e soluções.** [S. l.], 12 jul. 2024. Disponível em: <https://solucoes.edp.com.br/blog/crise-energetica-no-brasil/>. Acesso em: 14 jun. 2024.

Empresa Energética de Energia. EPE. **Balanço Energético Nacional 2023.** [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/IT-EPE-DEA%20-%20Estudo%20de%20caso%20para%20a%20introdu%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%B4nibus%20el%C3%A9tricos%20no%20munic%C3%ADpio%20do%20Rio%20de%20Janeiro.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2024.

Esfera Brasil. **O que é o Acordo de Paris e as metas do Brasil para redução de emissões.** [S. l.], 7 ago. 2023. Disponível em: <https://exame.com/esferabrasil/o-que-e-o-acordo-de-paris-e-as-metas-do-brasil-para-reducao-de-emissoes/>. Acesso em: 12 jan. 2024.

Fundação Getúlio Vargas. Fgv projetos. **Boletim de conjuntura do setor energético.** FGV energia, [s. l.], 2019. Disponível em: https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/setembro_-2019_v4.pdf. Acesso em: 24 jan. 2024.

Fundação Getúlio Vargas. Fgv projetos. **Cidades inteligentes e mobilidade urbana: FGV projetos**. Entenda o que é SCADA e o seu papel dentro da indústria, [s. l.], v. 9, n. 24, 2014. Disponível em: https://fgvprojetos.fgv.br/sites/fgvprojetos.fgv.br/files/cadernos_fgvprojetos_smart_cities_gwa_0.pdf. Acesso em: 06 jan. 2024.

Governo Federal Ministério de Minas e Energia. EPE. **Estudo de caso para a introdução de ônibus elétricos no município do Rio de Janeiro**. Informe técnico, [s. l.], Outubro 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/IT-EPE-DEA%20-%20Estudo%20de%20caso%20para%20a%20introdu%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%B4nibus%20el%C3%A9tricos%20no%20munic%C3%ADpio%20do%20Rio%20de%20Janeiro.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2024.

Greenv. **Qual a autonomia de um carro elétrico?**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.greenv.com.br/blog/autonomia-dos-carros-eletricos-entenda/>. Acesso em: 09 jun. 2024.

HEIN, Henrique. **Sistema Scada pode melhorar a rentabilidade de uma usina solar?**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/sistema-scada-pode-melhorar-a-rentabilidade-de-uma-usina-solar/>. Acesso em: 2 jul. 2024.

JAC Motors Brasil. Grupo SHC. Sucesso e inovação no mercado automotivo brasileiro. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.jacmotors.com.br/grupo-shc/>. Acesso em: 9 jun. 2024.

LEMOS, André. **Cidades inteligentes: De que forma as novas tecnologias — como a computação em nuvem, o big data e a internet das coisas — podem melhorar a condição de vida nos espaços urbanos?**. Repositório FGV de periódicos e revistas, [s. l.], 22 abr. 2013. DOI <https://doi.org/10.12660/gvexec.v12n2.2013.20720>. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/gvexecutivo/article/view/20720>. Acesso em: 14 mai. 2024.

LIMA, Gregório Costa Luz de Souza; SILVA, Gabriel Lassery Rocha da; NETO, Genezio dos Santos Albuquerque. **Mobilidade elétrica: o ônibus elétrico aplicado ao transporte público no Brasil**. Revista dos Transportes Públicos - ANTP, [s. l.], 22 abr. 2013. Disponível em: <https://files.antp.org.br/2019/7/29/rtp152-4.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2024.

MATIAS, Átila. **Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep)**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/opep.htm>. Acesso em: 10 jun. 2024.

MICHELIN. **Mercado de veículos elétricos no Brasil é promissor**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.michelin.com.br/auto/conselhos/guia-veiculo-eletrico/mercado-de-veiculos-eletricos-no-brasil-e-promissor>. Acesso em: 10 jun. 2024.

Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. MIDR. **Plano de Mobilidade Urbana. Presidência da República Secretaria-Geral Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2024**. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/mobilidade-urbana/plano-de-mobilidade-urbana>. Acesso em: 10 jan. 2024.

Ministério de Minas e Energia (MME). **Resenha Energética Brasileira 2023**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/matriz-energetica-se-mantem-estavel-em-ano-marcado-pela-retomada-da-geracao-renovavel>. Acesso em: 28 mai. 2024.

MORAES, Bryan Marques. **Políticas públicas e incentivos governamentais para estímulo ao veículo elétrico**: experiências de países europeus. XXV Congresso de iniciação científica Unicamp, [s. l.], 2017. Disponível em: <https://www.prp.unicamp.br/inscricao-congresso/resumos/2017P12753A12632O2451.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2024.

MORAES, Henrique Botin; BARASSA, Edgar; BRASIL, Paulo; CONSONI, Flávia L. **Conhecimento científico e tecnológico para veículos elétricos no Brasil**: uma análise a partir da instituições de ciências e tecnologia e seus grupos de pesquisa. Desafio online, [s. l.], v. 4, n. 2, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/deson/article/view/2087/1342>. Acesso em: 14 jan. 2024.

MOREIRA, Hermom Leal. **Aplicações da resposta da demanda em redes elétricas inteligentes**: uma abordagem para implementação, prototipagem e otimização. Tese de doutorado, [s. l.], 2018. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-20122021-153543/publico/HermomLealMoreiraCorr21.pdf>. Acesso em: 31 mai. 2024.

Museu Weg de Ciência e Tecnologia. **A história da mobilidade elétrica**. [S. l.], 13 out. 2019. Disponível em: <https://museuweg.net/blog/a-historia-da-mobilidade-eletrica/>. Acesso em: 16 jul. 2024.

NEOCHARGE. **Conheça os tipos de carros elétricos**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carro-eletrico/tipos-veiculos-eletricos>. Acesso em: 25 mar. 2024.

NEOCHARGE. **Tempo de carga de um carro elétrico**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carro-eletrico/tempo-carga-veiculo-eletrico#:~:text=TEMPO%20DE%20RECARGA&text=Por%20exemplo%2C%20um%20carro%20el%C3%A9trico,para%20ter%20a%20bateria%20cheia>. Acesso em: 09 jun. 2024.

NERGIAE. **Vantagens e desvantagens dos veículos elétricos**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://inergiae.com.br/2022/02/07/vantagens-e-desvantagens-dos-veiculos-eletricos/>. Acesso em: 09 jun. 2024.

NOVAIS, Celso Ribeiro Barbosa de. **Mobilidade elétrica**: Desafios e oportunidades. Caderno de opinião, [s. l.], 2016. Disponível em: <https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/ec06c058-eddb-4758-a82a-c07ae9e337bb/content>. Acesso em: 23 mai. 2024.

PAIXÃO, André. **Conheça os carros elétricos com a menor autonomia do Brasil**. [S. l.], 9 nov. 2023. Disponível em: <https://autoesporte.globo.com/eletricos-e-hibridos/noticia/2023/11/conheca-os-carros-eletricos-com-a-menor-autonomia-do-brasil.ghtml>. Acesso em: 9 jun. 2024.

PETROBRAS. **Óleo diesel**: o combustível que movimenta o país. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.petrobras.com.br/quem-somos/oleo-diesel>. Acesso em: 09 mai. 2024.

PINTO, Bruno. **Evolução da mobilidade elétrica associada à eficiência energética e ambiental num campus empresarial**. Trabalho final de mestrado para obtenção do grau de mestre em Engenharia Eletrotécnica, [s. l.], 28 nov. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/12215>. Acesso em: 15 abr. 2024.

PORCHERA, Gustavo da Silva Oliveira et al. **Vantagens e barreiras à utilização de veículos elétricos**. XIII SEgeT, [s. l.], 31 out. 2016. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos16/28224302.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2024.

Primeiro Minuto. **Sistemas SCADA na Indústria de energia**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://primeirominuto.sapo.pt/sistemas-scada-na-industria-de-energia/> Acesso em: 22 mai. 2024.

RIBEIRO, Diana Filipa da Silva. **Análise da viabilidade económico-ambiental da mudança da mobilidade coletiva urbana convencional para a mobilidade elétrica: um contributo para o caso de Lousada**. 2017. 64f. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Economia e Gestão do Ambiente pela Faculdade de Economia do Porto, [s. l.], 2017. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/107708?mode=full>. Acesso em: 23 mai. 2024.

RODARTE, Ycaro; VOOLTA. **Durabilidade da bateria do carro elétrico: o que você precisa saber**. [S. l.], 19 dez. 2023. Disponível em: <https://voolta.com.br/blog/durabilidade-da-bateria-do-carro-eletrico-o-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em: 09 jun. 2024.

SCARPELLI, Cristiano. **Carro ou ônibus: Quem é mais eficiente no transporte de passageiros?**. Archdaily, 1 out. 2023. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/1006379/carro-ou-onibus-quem-e-mais-eficiente-no-transporte-de-passageiros#:~:text=Os%C3%BAmeros%20da%20tabela%20sugerem,do%20que%20um%20autom%C3%B3vel%20padr%C3%A3o>. Acesso em: 24 mai. 2024.

SEBRAE. Serviço brasileiro de apoio às micro e pequenas empresas. **Como funciona o mercado livre de energia**. [S. l.], 7 jul. 2022. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/como-funciona-o-mercado-livre-de-energia,b4e21fed76ee4810VgnVCM100000d701210aRCRD>. Acesso em: 22 mai. 2024.

SEBRAE. Serviço brasileiro de apoio às micro e pequenas empresas. **Eletrificação do setor de transporte - futuro das cidades sustentáveis**. INOVAÇÃO | INICIATIVA SUSTENTÁVEL, [s. l.], 16 jan. 2023. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/eletrificacao-do-setor-de-transporte-futuro-das-cidades-sustentaveis,15d4b542c5bb5810VgnVCM1000001b00320aRCRD>. Acesso em: 24 mai. 2024.

SILVA, Ivan Nunes da et al. **Redes inteligentes de distribuição de energia elétrica**. 1. ed. São Paulo: Artliber, 2018. 240 p. Acesso em: 18 mai. 2024.

SILVA, Marcelo Luiz Risso Rodrigues da. **O desenvolvimento da indústria de veículos elétricos no Brasil: o papel das políticas públicas**. 2018. 154f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. doi:10.11606/D.12.2019.tde-07022019-155215. Acesso em: 18 abr. 2024.

SOUSA, João Carlos dos Santos. **Desenvolvimento de uma estação de carregamento de baterias de carros elétricos**. Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores Major Energia, [s. l.], p. 1-117, 10 fev. 2023. Disponível

em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/148674/2/617502.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2024.

SUTTO, Giovanna. **BYD lança seu elétrico de entrada dolphin mini por R\$ 115.800.** [S. l.], 28 fev. 2024. Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/consumo/byd-carros-eletricos-lancamento-dolphin-mini-preco/>. Acesso em: 14 jun. 2024.

TENÓRIO, Jorge. **Problemas das baterias dos carros elétricos.** São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.poli.usp.br/noticias/polinamidia/54646-problemas-das-baterias-dos-carros-eletricos.html>. Acesso em: 09 jun. 2024.

TOTVS. **Entenda o que é SCADA e o seu papel dentro da indústria.** [S. l.], 13 jul. 2023. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/scada/>. Acesso em: 22 mai. 2024.

VACCARI, Lorreine Santos; FANINI, Valter. **Mobilidade Urbana. Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar, [s. l.], n. 54, p. 1-54, 2016.** Disponível em: <https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/mobilidade-urbana.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2023.

VAZ, Émerson Feix; FARRET, Felix Alberto. **Correlações de pearson entre o consumo de energia elétrica e os índices de desenvolvimento humano e econômico.** Energia elétrica, [s. l.], 8 dez. 2020. DOI <https://doi.org/10.48011/asba.v2i1.973>. Disponível em: https://www.sba.org.br/open_journal_systems/index.php/cba/article/view/973. Acesso em: 05 mai. 2024.

VOOLTA. **Mobilidade elétrica: Passado, presente e futuro no Brasil.** [S. l.], 26 set. 2023. Disponível em: <https://voolta.com.br/blog/mobilidade-eletrica-brasil-historia-presente-futuro/>. Acesso em: 10 abr. 2024.